

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

**Методические материалы для председателей и членов
предметных комиссий субъектов Российской Федерации
по проверке выполнения заданий с развёрнутым ответом
экзаменационных работ ЕГЭ 2025 года**

ФИЗИКА

Москва
2025

Авторы-составители:

М.Ю. Демидова, А.И. Гиголо, И.Ю. Лебедева, В.Е. Фрадкин

Методические материалы для председателей и членов предметных комиссий субъектов Российской Федерации по проверке выполнения заданий с развёрнутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ 2025 г. по физике подготовлены в соответствии с Тематическим планом работ федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный институт педагогических измерений» на 2025 г. Пособие предназначено для подготовки экспертов по оцениванию выполнения заданий с развёрнутым ответом, которые являются частью контрольных измерительных материалов (КИМ) для сдачи единого государственного экзамена (ЕГЭ) по физике.

В методических материалах характеризуются типы заданий с развёрнутым ответом, используемые в КИМ ЕГЭ 2025 г. по физике, и критерии оценки выполнения заданий с развёрнутым ответом, приводятся примеры оценивания выполнения заданий и даются комментарии, объясняющие выставленную оценку.

© М.Ю. Демидова, А.И. Гиголо, И.Ю. Лебедева, В.Е. Фрадкин, 2025

© Федеральный институт педагогических измерений, 2025

Оглавление

1. РОЛЬ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ В КИМ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ.....	4
2. СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ В ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ.....	7
2.1. СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 21	7
2.2. СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 22 и 23.....	11
2.3. СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 24 и 25.....	14
2.4. СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 26	19
3. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ.....	25
3.1. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЕ 21	25
3.2. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ 22 и 23.....	60
3.3. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ 24 и 25.....	83
3.4. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ 26.....	122
3.5. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЦЕЛЫХ РАБОТ	162
ПРИЛОЖЕНИЕ	
Правила заполнения протоколов проверки развернутых ответов участников ЕГЭ экспертами предметных комиссий по физике в 2025 году	194

1. Роль заданий с развёрнутым ответом в КИМ ЕГЭ по физике

Контрольные измерительные материалы ЕГЭ по физике призваны всесторонне оценить как освоение выпускниками предметных результатов, так и усвоение ими основных содержательных линий всех разделов школьного курса физики. Каждый вариант экзаменационной работы состоит из двух частей и включает в себя 26 заданий, различающихся формой и уровнем сложности.

В КИМ представлены задания, проверяющие следующие группы предметных результатов: владение понятийным аппаратом курса физики; анализ физических процессов и явлений с использованием изученных теоретических положений, законов и физических величин; методологические умения; умение решать качественные и расчётные задачи различных типов.

В работе представлены задания разных уровней сложности: базового, повышенного и высокого. Большая группа заданий базового и повышенного уровней проверяет освоение понятийного аппарата курса физики, при этом задания строятся на применении понятий, моделей, величин или законов в различных ситуациях. Задания повышенного уровня направлены на проверку умения использовать понятия и законы физики для анализа различных процессов и явлений, а также умения решать задачи на применение одного-двух законов (формул) по какой-либо из тем школьного курса физики. Задания высокого уровня сложности проверяют умение использовать законы и теории физики в изменённой или новой ситуации.

Часть 1 содержит 20 заданий с кратким ответом, из них 11 заданий с записью ответа в виде числа или двух чисел и 9 заданий на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр. В начале части 1 предлагаются задания на оценку освоения понятийного аппарата физики и анализ различных физических процессов. Эти задания группируются исходя из тематической принадлежности: механика, молекулярная физика, электродинамика и квантовая физика. Группа по каждому разделу начинается с заданий, в которых необходимо записать верный ответ в виде числа, а далее следуют задания на выбор двух верных утверждений из пяти предложенных и задание на соответствие, либо на изменение физических величин в различных процессах, либо на установление соответствия между физическими величинами и графиками или формулами. В конце части 1 включены два задания на проверку методологических умений, которые относятся к разным разделам физики, и одно интегрированное задание с множественным выбором на проверку теоретических сведений.

Часть 2 работы посвящена решению задач. Это традиционно наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы и наиболее востребованная деятельность при дальнейшем изучении предмета в вузе. В этой части шесть различных задач: одна качественная задача с развёрнутым ответом, две расчётные задачи повышенного уровня с развёрнутым ответом и три расчётные задачи с развёрнутым ответом высокого уровня сложности. По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом: 2 задачи по механике, 2 задачи по молекулярной физике и термодинамике и 2 задачи по электродинамике.

С точки зрения содержания задачи подбираются таким образом, чтобы охватывать различные темы курса. Сложность задач определяется как характером деятельности, так и контекстом. В первом случае можно выделить три группы заданий по деятельности:

- использование изученного алгоритма решения задачи,
- комбинирование различных изученных алгоритмов,
- выбор собственного алгоритма решения.

Что касается контекста, то здесь используются:

- типовые учебные ситуации, с которыми экзаменуемые встречались в процессе обучения и в которых используются явно заданные физические модели;

- изменённые ситуации, в которых, например, необходимо оперировать большим, чем в типовых задачах, числом законов и формул, вводить дополнительные обоснования в решении и т.п.;
- новые ситуации, которые не встречались ранее в учебной литературе и предполагают серьёзную деятельность по анализу физических процессов и самостоятельному выбору физической модели для решения задачи.

Любая расчётная задача по физике требует анализа условия, выбора физической модели, проведения математических преобразований, расчётов и анализа полученного ответа. Для оценивания заданий высокого уровня сложности необходим анализ всех этапов решения, поэтому здесь предлагаются задания с развёрнутым ответом. В конце варианта имеется задание с развёрнутым ответом высокого уровня сложности, представляющее собой расчётную задачу с неявно заданной физической моделью, в которой требуется привести обоснование выбранной модели и используемых для решения законов и формул.

Одно из заданий с развёрнутым ответом представляет собой качественную задачу, в решении которой необходимо выстроить объяснение с опорой на физические законы и закономерности.

Задания экзаменационной работы ЕГЭ по физике, требующие развёрнутого ответа, оцениваются по политомической шкале в соответствии с полнотой и правильностью решения.

Проверка выполнения заданий с развёрнутым ответом осуществляется экспертами региональных предметных комиссий. Необходимость личного участия экспертов в проверке результатов выполнения заданий с развёрнутым ответом обнаруживает проблему объективности выставленной ими оценки ответа.

Объективности оценивания можно добиться следующим образом:

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

При организации работы экспертов рекомендуется обращать внимание на следующие моменты.

1. При оценивании экзаменационных работ эксперт рассматривает решения в выданных ему работах по заданиям: вначале решения задачи 21 во всех работах, затем все решения задачи 22, потом все решения задач 23 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.
2. Перед проведением проверки каждого из заданий необходимо изучить критерии его оценивания в материалах для эксперта, обратив внимание на возможные отличия от обобщённой схемы оценивания.
3. При работе эксперт выставляет свои оценки в специальный бланк «Протокол проверки развёрнутых ответов» (бланк-протокол). Заполнять бланки-протоколы следует, руководствуясь следующими правилами:
 - заполнять поля бланка-протокола следует печатными заглавными буквами чёрной гелевой ручкой строго внутри полей бланка-протокола;
 - использование карандаша (даже для черновых записей), ручек со светлыми чернилами и корректирующей жидкости для исправления написанного недопустимо (наличие грифеля или корректирующей жидкости на сканируемом бланке может привести к серьёзной поломке сканера);
 - внесённые исправления должны однозначно трактоваться. Все исправления вносятся в порядке, определённом в субъекте Российской Федерации;

- если участник ГИА не приступал к выполнению задания, то в поле, в котором должен стоять балл за данный ответ на задание в бланке-протоколе, следует поставить метку «X»;
 - если участник ГИА приступал к выполнению задания, то в соответствующее поле (поля) бланка-протокола следует проставить соответствующий балл (баллы) от нуля до максимально возможного, указанного в критериях оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом;
 - после завершения заполнения бланка-протокола поставить дату, подпись в соответствующих полях бланка-протокола и передать рабочий комплект председателю ПК для передачи на обработку.
- Выставление баллов в бланк оценивания рекомендуется проводить по работам: все задания первой проверяемой работы, все задания второй проверяемой работы и т.д. Это позволяет обнаружить ошибки в нумерации задач экзаменуемыми, пронумерованную или случайно пропущенную экспертом задачу.
4. Темп работы эксперта рассчитан в среднем на 4 проверяемые работы за 60 минут. Перед началом работы необходимо внимательно ознакомиться с условиями задач, их решениями и соответствующими критериями оценивания.

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**.

2. Система оценивания заданий с развёрнутым ответом в ЕГЭ по физике

Экзаменационный вариант ЕГЭ по физике включает четыре типа заданий с развёрнутым ответом, отличающихся обобщёнными схемами оценивания: качественная задача (21), расчётные задачи (22 и 23), расчётные задачи (24 и 25) и расчетная задача (26).

Выполнение заданий 21–26 (с развёрнутым ответом) оценивается предметной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до максимального балла.

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 оценки. В схеме оценивания учтены наиболее типичные ошибки или недочёты, допускаемые участниками экзамена, и определено их влияние на оценивание. Для каждого задания 21–26 приводится авторский способ решения.

Для каждого задания 21–26 приводится авторский способ решения. Предлагаемый способ (метод) решения не является образцом решения и определяющим для построения шкалы оценивания работ экзаменуемых. Решение экзаменуемого может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение). В этом случае эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал экзаменуемый. Если ход решения экзаменуемого допустим, то эксперт оценивает полноту и правильность этого решения на основании того списка основных законов, формул или утверждений, которые соответствуют выбранному способу решения.

Для заданий 22–26 в схеме оценивания используются единые требования к полному правильному ответу.

2.1. Схема оценивания заданий 21

Качественные задачи (21) предполагают решение, состоящее из ответа на вопрос и объяснения с опорой на изученные физические закономерности или явления. Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания. Как правило, все задания содержат:

- А) требование к формулировке ответа: «*Как изменится...* (показание прибора, физическая величина)», «*Опишите движение...*», «*Постройте график...*», «*Сделайте рисунок...*», «*Определите значение (например, по графику)*» и т.п.
- Б) требование привести развёрнутый ответ с обоснованием: «*объясните..., указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано*» или «*...поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения*».

Обобщённая схема оценивания строится на основании трёх элементов решения:

- 1) формулировки ответа;
- 2) объяснения;
- 3) прямого указания на физические явления и законы.

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

Обобщённая схема, используемая при оценивании качественных задач, приведена ниже.

Обобщённая схема оценивания

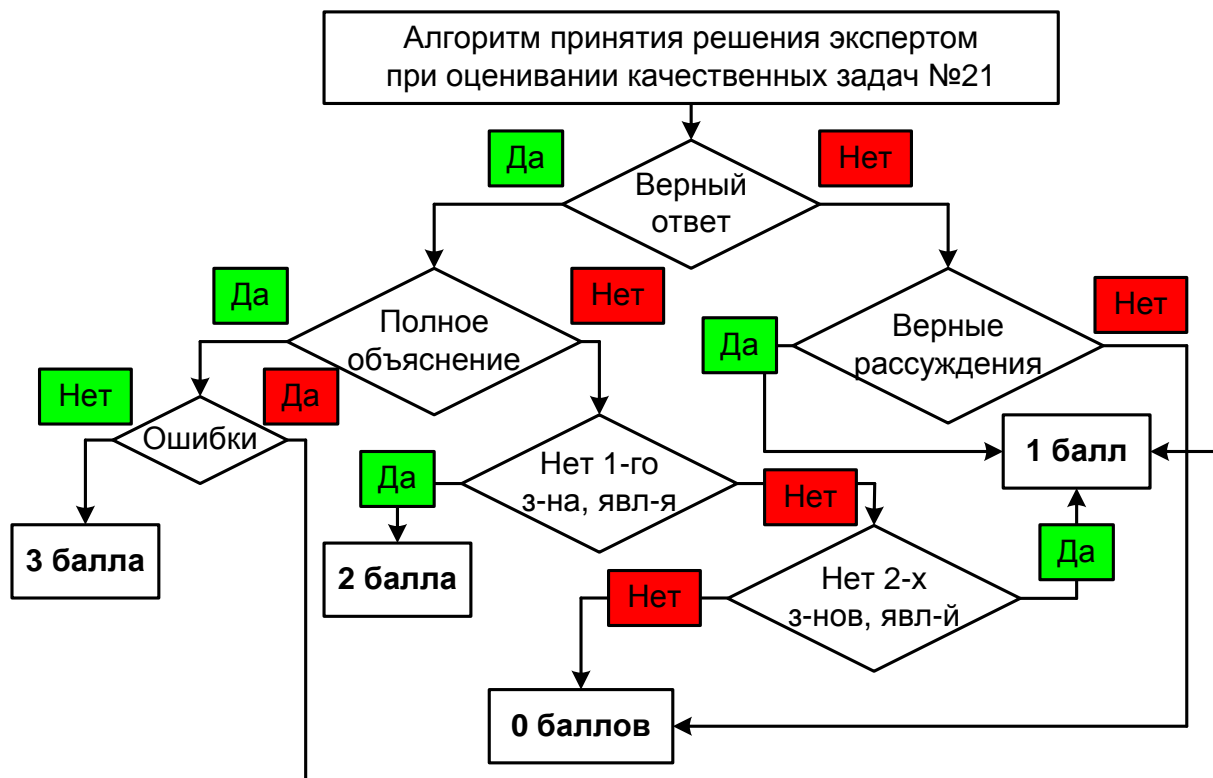
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>формулируется ответ</i>) и полное верное объяснение (в данном случае: <i>приводится ссылка на возможное решение</i>) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>перечисляются явления и законы</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

Среди качественных задач встречаются задания с дополнительными условиями. Например, дополнительно к объяснению предлагается изобразить схему электрической цепи или сделать рисунок с ходом лучей в оптической системе. В этом случае в описание полного правильного решения вводится ещё один пункт (верный рисунок или схема). Отсутствие рисунка (или схемы) или ошибка в них приводит к снижению оценки на 1 балл. С другой стороны, наличие правильного рисунка (схемы) при отсутствии других элементов ответа в части заданий даёт экзаменуемому возможность получить 1 балл. Пример такой обобщённой схемы приведён ниже.

**Обобщённая схема оценивания
при наличии дополнительного требования к рисунку или схеме**

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>формулируется ответ</i>), верный рисунок с указанием хода лучей (или верную схему электрической цепи) и полное верное объяснение (в данном случае: <i>приводится ссылка на возможное решение</i>) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>перечисляются явления и законы</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. И (ИЛИ)</p> <p>Приведён неверный рисунок с указанием хода лучей в оптической системе (допущена ошибка в схеме электрической цепи)</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи. ИЛИ</p> <p>Приведён только верный рисунок с указанием хода лучей в оптической системе (верная схема электрической цепи)</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

На рисунке приведён алгоритм принятия экспертом решения при оценивании качественной задачи 21.



2.2. Схема оценивания заданий 22 и 23

Задания 22–26 представляют собой расчётные задачи. В текстах заданий нет указаний на требования к полноте решения, эту функцию выполняет общая инструкция.

В каждом варианте экзаменационной работы перед заданиями 22–26 третьей части приведена инструкция, которая в целом отражает требования к полному правильному решению расчётных задач.

Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

Обобщённая схема оценивания заданий 22 и 23

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>) ¹ ; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>) ² ; III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)	1

¹ В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике. В случае использования формул, не входящих в кодификатор (например, правила Кирхгофа, момент инерции и т.п.), работа оценивается ведущим экспертом исходя из особенностей предложенного альтернативного способа решения и схемы оценивания.

² Стандартными считаются обозначения физических величин, принятые в кодификаторе проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике.

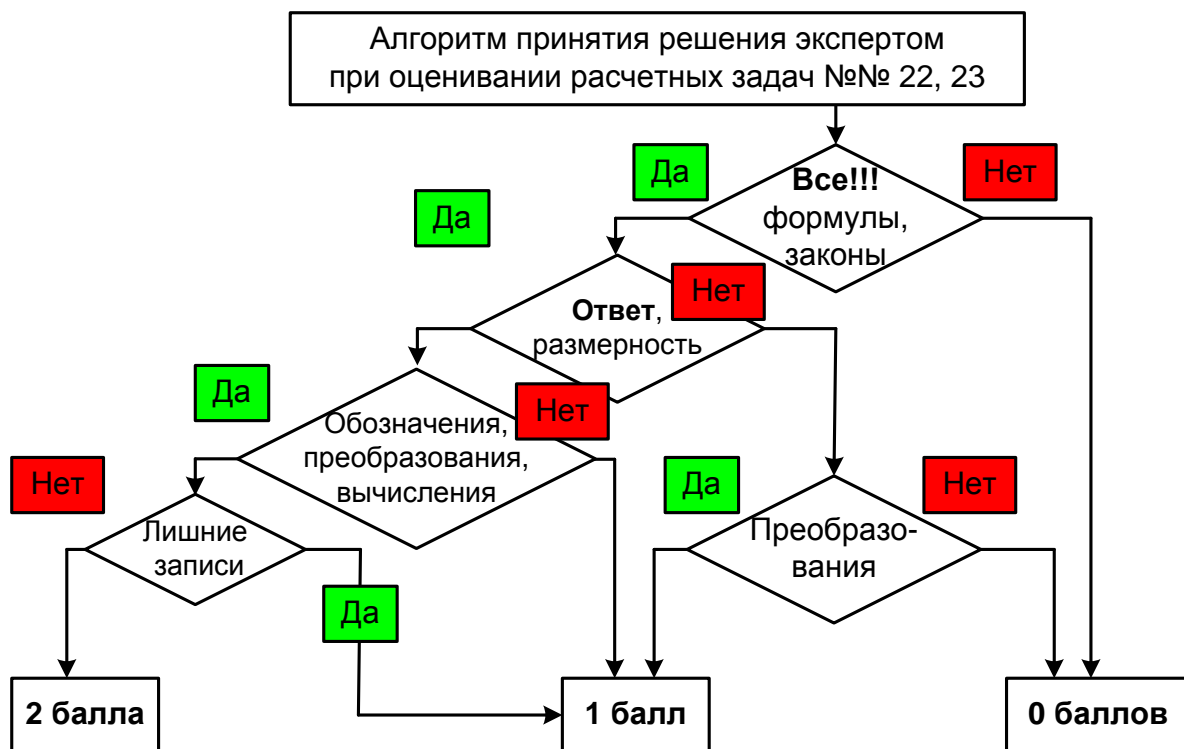
В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

При использовании задач по геометрической оптике в условии задачи указывается, что необходимо построить изображение предмета в линзе. Соответственное изменение вносится и в описание полного верного ответа. Отсутствие рисунка или ошибка в построении изображения в линзе приводят к оцениванию в 1 балл. Только за наличие рисунка получить 1 балл за решение задачи нельзя.

**Обобщённая схема оценивания
при наличии дополнительного требования к рисунку**

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
I) Приведено полное решение, включающее следующие элементы: записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>); II) приведён правильный рисунок с построением изображения в линзе; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

На рисунке приведён алгоритм принятия экспертом решения при оценивании расчётных задач 22 и 23.



2.3. Схема оценивания заданий 24 и 25

Обобщённая схема оценивания заданий 24 и 25

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>)³;</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>)⁴;</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1

³ В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике. В случае использования формул, не входящих в кодификатор (например, правила Кирхгофа, момент инерции и т.п.), работа оценивается ведущим экспертом исходя из особенностей предложенного альтернативного способа решения и схемы оценивания.

⁴ Стандартными считаются обозначения физических величин, принятые в кодификаторе проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике.

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

Возможные изменения в обобщённой системе оценивания расчётных задач

1. В задании **не требуется получения числового ответа**. В этом случае в описании полного верного решения снимается требование к указанию числового ответа и корректируются критерии оценивания на 2 балла.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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>	1

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

2. В тексте задачи присутствует требование дополнительно сделать **рисунок с указанием сил**, действующих на тело. В этом случае наличие правильного рисунка включается в описание полного правильного ответа, а также в дополнительные условия для выставления 2 баллов. Обобщённая схема с изменениями для данного случая приведена ниже.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) приведён правильный рисунок с указанием сил, действующих на тело;</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II или III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1

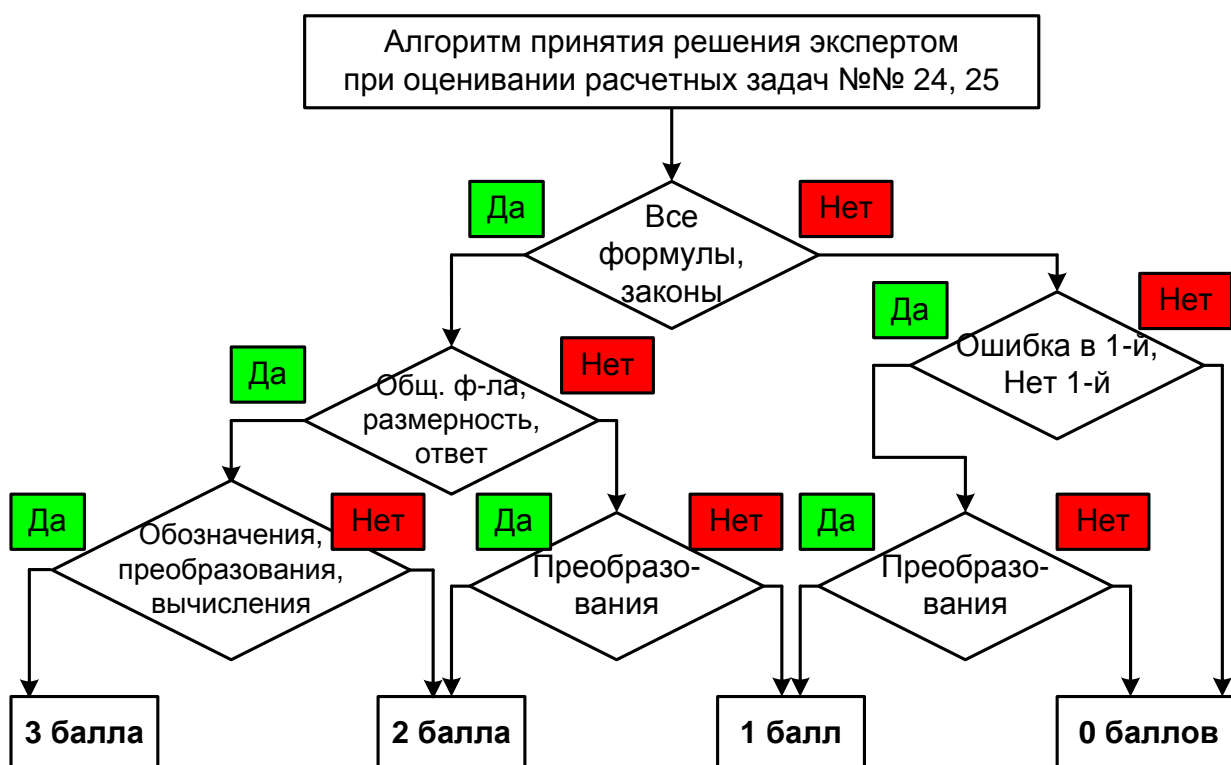
<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

3. В тексте задачи присутствует требование изобразить **схему электрической цепи**. В этом случае в описание полного правильного ответа включается наличие правильного рисунка, а также выставляются дополнительное условие к оценке в 2 балла. Обобщённая схема с изменениями для данного случая приведена ниже.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) приведён правильный рисунок, поясняющий решение;</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II или III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.	1

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

На рисунке приведён алгоритм принятия экспертом решения при оценивании расчётных задач 24 и 25.



2.4. Схема оценивания заданий 26

Обобщённая схема оценивания заданий 26

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>перечисляются элементы обоснования</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>) ⁵ ; II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов) ⁶ ; III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2

⁵ В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике. В случае использования формул, не входящих в кодификатор (например, правила Кирхгофа, момент инерции и т.п.), работа оценивается ведущим экспертом исходя из особенностей предложенного альтернативного способа решения и схемы оценивания.

⁶ Стандартными считаются обозначения физических величин, принятые в кодификаторе проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике.

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.	1
Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	4

Возможные изменения в обобщённой системе оценивания расчётных задач

1. В задании **не требуется получения числового ответа**. В этом случае в **Критерии 2** в описании полного верного решения снимается требование к указанию числового ответа и корректируются критерии оценивания на 2 балла.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>перечисляются элементы обоснования</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.	2

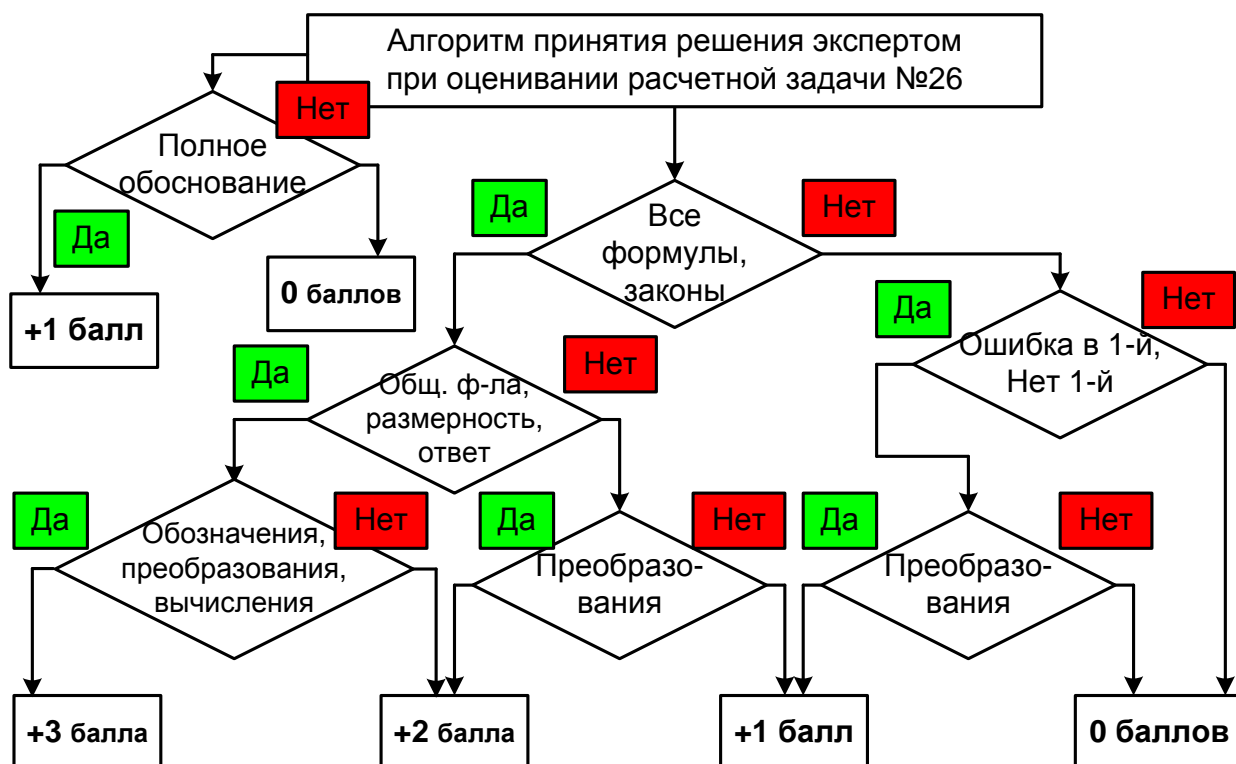
<p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<i>Максимальный балл</i>	3

2. В тексте задачи присутствует требование дополнительно сделать **рисунок с указанием сил**, действующих на тело. В этом случае по **Критерию 2** наличие правильного рисунка включается в описание полного правильного ответа, а также в дополнительные условия для выставления 2 баллов. Обобщённая схема с изменениями для данного случая приведена ниже.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<i>Критерий 1</i>	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>перечисляются элементы обоснования</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов.	0
ИЛИ	
В обосновании допущена ошибка.	
ИЛИ	
Обоснование отсутствует	
<i>Критерий 2</i>	
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) приведён правильный рисунок с указанием сил, действующих на тело;</p>	3

<p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II или III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<i>Максимальный балл</i>	3

На рисунке приведён алгоритм принятия экспертом решения при оценивании расчётных задач 26.



Комментарии к обобщённым схемам оценивания расчётных задач

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

2. В качестве исходных формул принимаются только те, которые указаны в кодификаторе. При этом форма записи формулы значения не имеет (например: $Q = cm\Delta T$, $c = \frac{Q}{m\Delta T}$ и т.п.). Если же выпускник использовал в качестве исходной формулы ту, которая не указана в кодификаторе, то работа оценивается исходя из отсутствия одной из необходимых для решения формул. (Например, выпускник может в качестве исходной использовать формулу для внутренней энергии одноатомного идеального газа $U = \frac{3}{2}pV$, поскольку она есть в кодификаторе. А формулу для количества теплоты $Q = \frac{5}{2}pV$, полученного газом в изобарном процессе, в качестве исходной использовать нельзя – она отсутствует в кодификаторе. В случае её использования считается, что в решении отсутствует одна из исходных формул.)

3. Решение задачи может оцениваться в 2 балла при полном правильном решении и верном ответе, если не описаны дополнительно введённые физические величины. Описанием

считается словесное указание на величину рядом с её символическим обозначением, указание символического обозначения величины в записи условия («Дано») или на схематическом рисунке. Допускается введение новых величин без описания, если используются стандартные обозначения, принятые в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по физике.

4. Если в тексте задания требуется сделать рисунок с указанием сил, действующих на тело, то правильным считается рисунок, в котором верно указаны все необходимые силы и их направление. Погрешности в соотношении длин векторов и отсутствие знака вектора не считаются ошибками.

5. При проверке правильности числового ответа необходимо проверить вычисления экзаменуемого при помощи калькулятора. Допускается округление с учётом того числа значащих цифр, которые указаны в условии задачи. Избыточная точность числового ответа не считается ошибкой. При решении задачи по действиям допускается погрешность ответа, не меняющая физической сути числового ответа задачи.

6. Встречаются случаи, когда экзаменуемый представляет решение, в котором «подменяется» условие задачи, и определяет другую физическую величину. Здесь можно рассматривать три варианта.

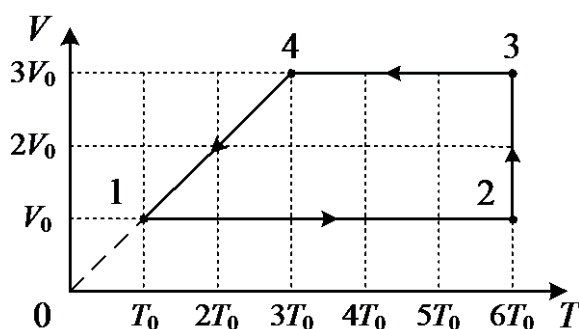
- Если в задании требовалось определить отношение величин « A/B », а участник экзамена определил значение отношения « B/A », то это не считается ошибкой или погрешностью.
- Если подмена сводится к тому, что экзаменуемый определил не ту величину, которую требовалось рассчитать по условию задачи, а другую (при условии, что полученный ответ можно считать промежуточным этапом при определении требуемой величины и при этом в других вариантах не требуется определить именно найденную экзаменуемым величину), то такая подмена относится к ошибкам того же типа, что и ошибки в преобразованиях.
- Если же подмена выражается в решении задачи, представленной **в другом варианте экзаменационной работы**, то такое решение оценивается **0 баллов**.

3. Примеры оценивания ответов на задания с развёрнутым ответом

3.1. Примеры оценивания ответов на задание 21

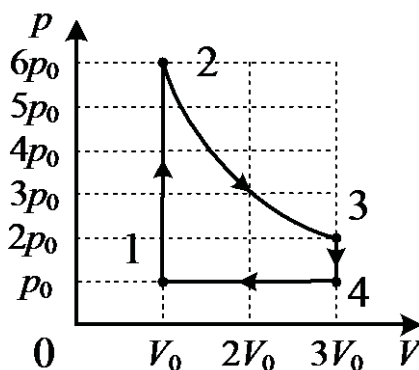
Задание 1

Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах V – T , где V – объём газа, T – абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните модуль работы газа в процессе 2–3 и модуль работы внешних сил в процессе 4–1. Постройте график цикла в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа.



Возможное решение

1. Модуль работы газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1: $A_{23} > A_{41\text{Вн}}$.



2. Поскольку работа газа в термодинамике численно равна площади фигуры под графиком в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа, перестроим график цикла в этих координатах.

Процесс 1–2 является *изохорным*, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 6 раз, а значит, при $\nu = \text{const}$ согласно закону Шарля $\left(\frac{p}{T} = \text{const}\right)$ и давление газа увеличилось в 6 раз.

Процесс 2–3 является *изотермическим*, в координатах p – V его графиком является гипербола. Согласно закону Бойля – Мариотта ($pV = \text{const}$) увеличение объёма газа в 3 раза приведёт к уменьшению в 3 раза его давления.

В процессе 3–4 газ *изохорно* уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 2 раза, а в процессе 4–1 – *изобарно*, поскольку его график проходит через начало координат, вернулся в исходное состояние (см. рисунок).

3. Из графика видно, что модуль работы газа в процессе 2–3 численно равен площади под гиперболой 2–3 и $A_{23} > 2p_0(3V_0 - V_0) = 4p_0V_0$, а модуль работы внешних сил в процессе 4–1 $A_{41Вн} = p_0(3V_0 - V_0) = 2p_0V_0$.

Таким образом, $A_{23} > A_{41Вн}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>п. 1</i>) и полное верное объяснение (в данном случае: <i>п.2 и 3</i>) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>законы изопроцессов, графический смысл работы в термодинамике</i>)	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

Пример 1.1 (3 балла)

Построим график цикла в координатах pV

По ур-нию Менделеева-Клапейрона:
 $pV = \nu RT$

Тогда, т.к. в процессе 1-4 $V \sim T$, то $p = \text{const}$

Если в начале состояния 1 $p_1 = p_0$, то $p_4 = p_0$

$$\left. \begin{aligned} p_0 V_0 &= \nu RT_0 \\ p_2 V_0 &= \nu R \cdot 6T_0 \\ p_3 \cdot 3V_0 &= \nu R \cdot 6T_0 \\ p_4 \cdot 3V_0 &= \nu R \cdot 3T_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} p_2 &= 6p_0 \\ p_3 &= 2p_0 \\ p_4 &= p_0 \end{aligned}$$

Рассм. процесс 1-2: т.к. $V = \text{const} \Rightarrow A_{12} = 0$
 $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (6T_0 - T_0) = \frac{15}{2} \nu R T_0$

Из ур-ния Менд-Клапейрона: Рассм. процесс 2-3: $T = \text{const} \Rightarrow \Delta U_{23} = 0$
 $p_2 V_2 = p_1 V_1 = \nu R (T_2 - T_3)$

Рассм. процесс 3-4: $V = \text{const} \Rightarrow A_{34} = 0$
 $\Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (3T_0 - 6T_0) = -\frac{9}{2} \nu R T_0$

Рассм. процесс 4-1: т.к. $p = \text{const} \Rightarrow A_{41} = p_0 (V_1 - V_4) = -2 p_0 V_0 = -2 \nu R T_0$
 $\Delta U_{41} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_4) = 3 \nu R T_0$
 $A_{\text{вн.сш}} = -A_{41} = 2 \nu R T_0$ - работа внеш.сш в процессе 4-1

Первое начало термодинамики: $Q = \Delta U + A$

Заметим, что модуль работы газа равен площади под графиком $p-V$

Из графика видно, что площадь под участком 2-3, больше, чем под участком 4-1. Значит модуль работы в процессе 2-3 больше модуля работы внешних сш (более чем в 2 раза)

$A_{\text{вн.сш}} = -A_{\text{газ}} \Rightarrow |A_{\text{вн.сш}}| = |A_{\text{газ}}|$

Ответ: Модуль работы газа в процессе 2-3 больше, чем модуль работы внешних сш над газом в процессе 4-1.

Приведен верный ответ (график с указанием, что участок 2-3 является гиперболой, и сравнение работ) и верные рассуждения на основании уравнения Клапейрона-Менделеева. Работа оценивается в 3 балла.

Пример 1.2 (3 балла)

Исходя из графика в $V-T$ координатах, процесс можно охарактеризовать следующими утверждениями:

Процесс 1-2 (изотермический):

- температура увеличивается в 6 раз ($T_0 \rightarrow 6T_0$)
- объем газа остается неизменным.
- из уравнения Менделеева-Клапейрона ($pV = \nu RT$) можно заключить, что при $V = \text{const}$, $p \sim T$, т.е. давление увеличивается во столько же раз, во сколько и температура газа ($p_0 \rightarrow 6p_0$)

Процесс 2-3 (изобарический):

- температура не изменяется ($6T_0 \rightarrow 6T_0$)
- объем газа увеличивается в 3 раза ($V_0 \rightarrow 3V_0$)
- из ур-ня Менделеева-Клапейрона видно, что при постоянной T $p \sim \frac{1}{V}$, т.е. давление газа уменьшится в 3 раза ($6p_0 \rightarrow 2p_0$)

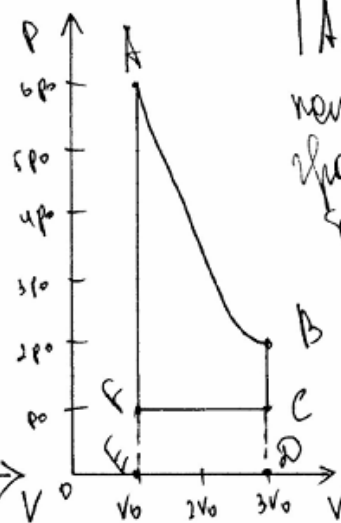
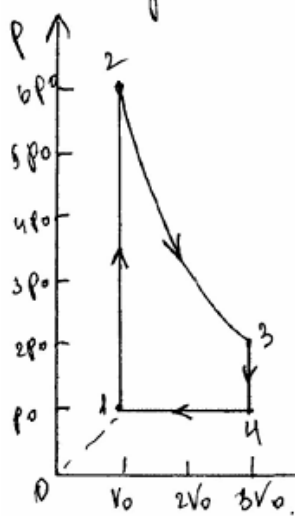
Процесс 3-4 (изотермический):

- температура уменьшится в 2 раза ($6T_0 \rightarrow 3T_0$)
- объем не изменяется
- из ур-ня Менделеева-Клапейрона можно заметить, что при неизменном объеме $p \sim T$, т.е. давление уменьшится

давление пара уменьшается во столько, во сколько и температура ($2p_0 \rightarrow p_0$)

Процесс 4-1 (изобарный):

- объем пара увеличивается в 3 раза ($3V_0 \rightarrow V_0$)
- температура увеличивается в 3 раза ($3T_0 \rightarrow T_0$)
- Из ур-на Менделеева-Клапейрона можно было бы предположить, что при $V \sim T$, давление не изменяется (p_0).



$|A_{2-3}|$ будет равен площади кривой по уравнению процесса 2-3, т.е. $|A_{2-3}| = S_{EABD}$

$|A_{\text{внешн 4-1}}|$ будет равен S_{EFCD} .

$S_{EABD} > S_{EFCD}$, т.к. $EFCD$ - ~~входит~~ \wedge является частью $EABD$.

$\Rightarrow |A_{2-3}| > |A_{\text{внешн 4-1}}|$.

Ответ: $|A_{2-3}| > |A_{\text{внешн 4-1}}|$.

Приведен верный ответ и верные рассуждения. Для каждого процесса присутствуют верные утверждения об изменении величин на основании уравнения Клапейрона-Менделеева. Работа оценивается в 3 балла.

Пример 1.3 (1 балл)

1) Отношение модуля работы газа в н 2-3 к модулю работы внешних сил равно:

$$\frac{|A_{23}|}{|A_{41}|} = 4$$

2) Погрешки графика цикла в коорд. P-V.

1-2 изохорное нагревание
 2-3 изотермическое расширение
 3-4 изохорное охлаждение
 4-1 изобарное охлаждение.

Затемим Σ закон термодинамики для процесса 2-3

$$\Delta U = Q_{23} - |A_{23}|, \text{ где } \Delta U_{23} = 0$$

т.к. $\Delta T_{23} = 0$, $Q_{23} = |A_{23}|$, $|A_{23}| = (6P_0 - 2P_0)(3V_0 - V_0) = 8P_0V_0$ (1)

3) ~~Затемим Σ закон термодинамики для процесса 4-1.~~

~~$Q_{41} = \Delta U_{41} + |A_{41}|$, $|A_{41}| = Q_{41} - \Delta U_{41}$~~

Работу внешних сил на участке 4-1 можно найти через площадь фигуры под графиком.

$$|A_{41}| = P_0 \cdot 2V_0$$
 (2) из ур. (1) и (2) следует:

$$\frac{|A_{23}|}{|A_{41}|} = \frac{8P_0V_0}{2P_0V_0} = 4$$

В рассуждениях верно указаны виды всех изопроцессов, но не приведены обоснования. При определении работы на участке 2-3 допущена ошибка, что привело к формулировке неверного ответа. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 1.4 (1 балл)

Дано: По графику видно, что: $V = 1 \text{ моль}$
 Найти: $t_{2,3}$ и A_{4-1}

(1-2) - изохорное нагревание $V = \text{const} \Rightarrow d = 0, \text{ т.к. } T \uparrow \Rightarrow \Delta U > 0, Q = \Delta U$
 , т.к. $T \uparrow, \text{ то } P \uparrow$

(2-3) - изотермическое расширение $T = \text{const}; V \uparrow \Rightarrow P \downarrow; \Delta U = 0, \Rightarrow Q = A$

(3-4) - изохорное охлаждение; $V = \text{const}; \Rightarrow d = 0; T \downarrow \Rightarrow P \downarrow \Rightarrow \Delta U < 0$
 $Q = \Delta U$

(4-1) - изобарное сжатие; $P = \text{const}; V \downarrow \Rightarrow T \downarrow \Rightarrow d = Q = \Delta U$

Изобразим этот график на PV-диаграмме.

$A_{2-3} = \int_{V_0}^{3V_0} P dV = 3V_0 P$
 $A_{4-1} = \Delta U + Q$
 $P_{4-1} < P_{2-3}$
 $A_{4-1} < A_{2-3}$

Ошибки $A_{4-1} < A_{2-3}$

Приведён верный ответ. В рассуждениях правильно описаны виды всех изопроцессов, но не приведено обоснование изменения величин для построения графика. Допущена ошибка в определении работы газа. Работа оценивается в 1 балл.

Задание 2

В одном сосуде под поршнем в объёме V_0 при комнатной температуре находится только насыщенный водяной пар и вода, которая занимает малый объём. В другом сосуде под поршнем в объёме V_0 при том же давлении p_0 находится сухой воздух. Воздух и водяной пар изотермически сжимают так, что объём под поршнем уменьшается в 2 раза. Постройте графики этих двух процессов в переменных p – V . Опираясь на законы молекулярной физики, объясните построение графиков.

Возможное решение	
<p>1. При изотермическом сжатии давление насыщенного водяного пара остаётся постоянным, поэтому процесс изображается на pV-диаграмме горизонтальным отрезком 1–2. При комнатной температуре плотность водяного пара ничтожна по сравнению с плотностью воды, поэтому объёмом сконденсированной воды можно пренебречь и случай соприкосновения поршня с водой – исключить.</p> <p>2. Изотермическое сжатие сухого воздуха описывается законом Бойля – Мариотта ($pV = \text{const}$), поэтому процесс изображается на pV-диаграмме фрагментом гиперболы 1–2, начинающимся также в точке 1.</p> <p>3. Графики процессов в переменных p–V представлены на рисунках.</p>	
<p>Водяной пар</p>	<p>Сухой воздух</p>
Критерии оценивания выполнения задания	
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>в переменных p–V два графика процессов, п. 3</i>) и полное верное объяснение (в данном случае: <i>п. 1 и 2</i>) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>зависимость давления насыщенного пара от объёма, закон Бойля – Мариотта</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p>	2

<p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Пример 2.1 (3 балла)

График для пара с насыщающими парами.

Этот пар насыщенный, то $p = p_{\text{sat}}$, значит оно не может измениться. По уравнению Клапейрона - Менделеева $pV_i = \frac{m}{M} RT$ $T = \text{const}$; $p = \text{const}$; $R = \text{const}$ масса постоянна $M = \text{const}$

за счет уменьшения массы. Плотность пара конденсировалась в воду. Смотрите следующий слайд

График для сухого пара.

По уравнению Менделеева - Клапейрона: $pV = \nu RT$
 $T = \text{const}$; $R = \text{const}$
 т.к. $T = \text{const}$: $\begin{cases} p_1 V_1 = \nu RT \\ p_2 V_2 = \nu RT \end{cases} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2$

Приведен верный ответ (два графика) и верные рассуждения о неизменности давления насыщенного пара и о зависимости давления от объема для сухого воздуха. Работа оценивается в 3 балла.

Пример 2.2 (2 балла)

1 сосуд:
 Дано: $T = \text{const}$
 V_0, p_0
 $V_1 = \frac{V_0}{2}$

В первом сосуде над поршнем находится насыщенный пар и вода, относительная влажность воздуха $\varphi = \frac{p}{p_H}$ когда равна 100%. $p = p_H$.

При сжатии смеси поршнем давление будет повышаться, будет конденсироваться пар. Уравнение Менделеева-Клапейрона: $pV = \frac{m}{M} RT$.
 Но $\varphi \leq 1$, значит при сжатии p будет равно $p_{нас}$.

Построим график:
 $p = \frac{mRT}{V}$; $p \sim \frac{1}{V}$
 $p_1 = \frac{mRT}{V_1} = \frac{mRT \cdot 2}{V_0}$

2 сосуд:
 Во втором сосуде находится сухой воздух, который можно считать идеальным газом.
 Для него справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона:
 $pV = \frac{m}{M} RT$; $p = \frac{mRT}{MV}$; $p \sim \frac{1}{V}$.

Приведён верный ответ и верные рассуждения. Фразу о повышении давления при конденсации можно отнести к лишним записям. Работа оценивается в 2 балла.

Пример 2.3 (1 балл)

Решение:

P_0, T
V_0
вода

P_0, V_2, T
вода

Дано:

$V_0; P_0$

$T = \text{const}$

$V_2 = \frac{V_0}{2}$

Графики

I. Когда сжимают сосуд с водяным паром и водой, P_0 не изменяется, т.к. водяной пар преобразуется в воду.

II.

P_0, T
V_0

V_2, T
P

Когда сжимают сосуд с сухим воздухом, то давление меняется по формуле $P V_2 = \nu R T$ $T = \text{const}$ т.к. изотерм. процесс.

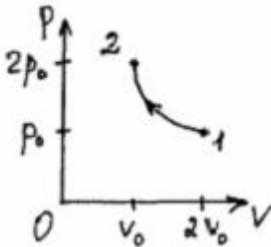
$P = \frac{\nu R T}{V_0} \Rightarrow P_2 = 2P_0$

Давление увеличилось в 2 раза поэтому график будет выглядеть так.

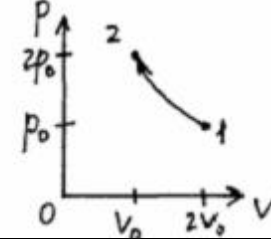
В ответе приведен неверный график для сухого воздуха. Для пара в рассуждениях не указано, что его давление не меняется, так как пар насыщенный. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 2.4 (1 балл)

1 сосуд: $T = \text{const}$, по 3-му Бойля-Мариотта $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = 2$
 $V_1 = 2V_0, V_2 = V_0$
 $p_1 = p_0, p_2 = 2p_0$



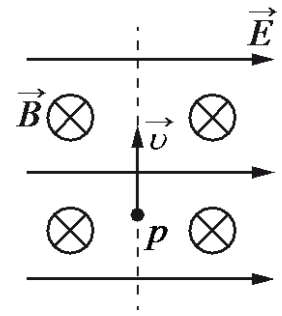
2 сосуд: $T = \text{const}$, по 3-му Бойля-Мариотта $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = 2$
 $V_1 = 2V_0, V_2 = V_0$
 $p_1 = p_0, p_2 = 2p_0$



Приведён неверный ответ для насыщенного пара и неверные рассуждения для первого процесса. Но есть верные рассуждения для сухого воздуха. Работа оценивается в 1 балл.

Задание 3

В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряжённостью \vec{E} и магнитное поле с индукцией \vec{B} . Поля однородные, $\vec{E} \perp \vec{B}$. В камеру влетает протон p , вектор скорости которого перпендикулярен \vec{E} и \vec{B} как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Объясните, как изменится начальный участок траектории протона, если напряжённость электрического поля увеличить. В ответе укажите, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь.



Возможное решение	
<p>1. Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо.</p> <p>2. На протон действуют магнитное поле силой $F_M = qvB$ и электрическое поле силой $F_e = qE$. Поскольку заряд протона положительный, \vec{F}_e сонаправлена с \vec{E}, а по правилу левой руки \vec{F}_M направлена противоположно силе \vec{F}_e. Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны.</p> <p>3. Сила действия электрического поля с увеличением напряжённости электрического поля увеличится. Поскольку равнодействующая сил \vec{F}_M и \vec{F}_e, а также вызываемое ею в этом случае ускорение направлены вправо, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: что траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо, п. 1) и полное верное объяснение (в данном случае: п. 2 и 3) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: формулы расчёта сил действия на заряженную частицу электрического и магнитного полей, правило левой руки, второй закон Ньютона)	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.	1

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

Пример 3.1 (3 балла)

→ по правилу левой руки определяем направление F_L силы Лоренца. т.к. заряду протона ($+e$) $> 0 \Rightarrow$

\Rightarrow сила Лоренца направлена влево

Вектор напряжённости направлен от \oplus к \ominus

т.к. заряд протона $> 0 \Rightarrow$ электрическая сила F_E направлена вправо.

$$F_E = qE$$

$$F_L = qvB \sin 90^\circ = qvB$$

т.к. протон движется перпендикулярно: $F_L = F_E$.

при увеличении E сила ~~для~~ электрическая (F_E) тоже увеличивается

$$F_E > F_L$$

протон начнет двигаться правее от предыдущей траектории. Его как траектория станет похожа на часть круга. ураган

Ответ: протон начнет двигаться правее предыдущей траектории.

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ. Приведены в виде формул или описания все необходимые для объяснения ссылки (формулы расчёта сил действия на заряженную частицу электрического и магнитного полей, правило левой руки, второй закон Ньютона). Работа оценивается в 3 балла.

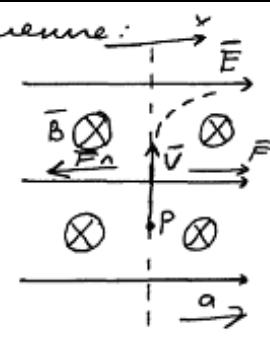
Пример 3.2 (2 балла)

На проток действуют 2 силы. 1 сила со стороны электрического поля направлена вправо и 2 сила со стороны магнитного поля направленная влево. При увеличении напряжённости электрического поля сила направленная вправо возрастает так как эта сила прямо пропорциональна напряжённости. Сила со стороны магнитного поля не увеличивается так как она не зависит от напряжённости. В итоге сила электрического поля перевесит и проток будет отклоняться вправо.

Приведён верный ответ, присутствуют верные рассуждения и словесные указания на зависимость (независимость) сил от напряжённости электрического поля. Правило левой руки в явном виде не названо, но верно применено при определении направления сил. Отсутствует объяснение первоначального прямолинейного движения частицы. Работа оценивается в 2 балла.

Пример 3.3 (1 балл)

Дано: $\vec{E}, \vec{B} \quad \vec{E} \perp \vec{B}$
 $\vec{v} \perp \vec{E}, \vec{v} \perp \vec{B}$
 P движется прямолинейно
 $\vec{E} \uparrow$

Решение: 

$\vec{F}_L = q \vec{B} \hat{v} \sin \alpha$
 По правилу левой руки: F_L направлено влево.
 $\vec{v} \perp \vec{B}$ по условию, а следовательно $\sin \angle vB = 1$

$\Rightarrow \vec{F}_L = q \vec{B} \vec{v}$
 $\vec{F} = \frac{E}{q} \vec{F}_L \quad \vec{F} \uparrow \wedge \vec{E}$

$x \cdot F = F_L$
 $\frac{E}{q} = q B v \Rightarrow E = q^2 B v$

При увеличении напряженности электрического поля будет увеличиваться F , а F_L не зависит от E .

Значит по 2-ому закону Ньютона появится ускорение сонаправленное с F .

$F - F_L = ma$, а значит при увеличении напряженности будет двигаться по параболе вправо.

Ответ, полученный в работе, неверен, поскольку указано, что частица будет двигаться по параболе. В работе есть верные рассуждения, приводящие к ответу. Верно указаны необходимые формулы и правила, но в формуле для силы, действующей на частицу со стороны электрического поля, допущена ошибка. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 3.4 (1 балл)

1) По правилу левой руки \Rightarrow сила Лоренца \vec{F}_L будет направлена влево перпендикулярно вектору скорости \vec{v} и вектору индукции \vec{B}

2) Сила, действующая на тротон со стороны электрического поля, будет направлена с вектором \vec{E} . $\vec{F}_{эл.} \parallel \vec{E}$ $F_{эл.} = q_H \cdot E$

3) Значит, при увеличении \vec{E} тротон пойдёт вправо над узлом, который будет зависеть в зависимости от значения \vec{E}

Ответ, полученный в работе, неверен. Приведены необходимые рассуждения, но отсутствует указание на причину первоначального прямолинейного движения частицы и на причину отклонения траектории (неравенство сил). Работа оценивается в 1 балл.

Пример 3.5 (0 баллов)

Скорость траектории зависит от направления так как направление электрического поля увеличивается. Сила ственно взаимодействует между полем по-механизму, но со временем все стабилизируется и тротон пойдёт по траектории

Ответ неверный, рассуждения не поддерживают получение верного ответа.

Задание 4

На столе установили два незаряженных электрометра и соединили их металлическим стержнем с изолирующей ручкой (рис. 1). Затем к первому электрометру поднесли, не касаясь шара, отрицательно заряженную палочку (рис. 2). Не убирая палочки, убрали стержень, а затем убрали и палочку.

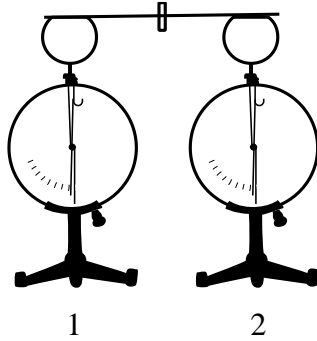


Рис. 1

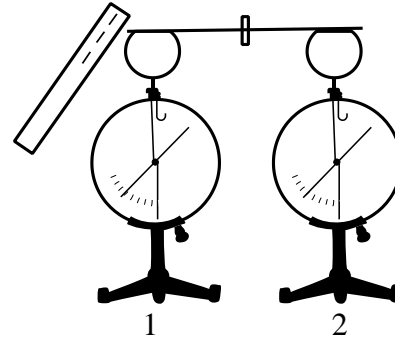


Рис. 2

Ссылаясь на известные Вам законы и явления, объясните, почему электрометры оказались заряженными, и определите знаки заряда каждого из электрометров после того, как палочку убрали.

Возможное решение	
<p>1. Электрометр 1 имеет положительный заряд, а электрометр 2 – отрицательный.</p> <p>2. При поднесении отрицательно заряженной палочки к шару электрометра 1 электроны в шаре, стержне и стрелке электрометра по металлическому стержню в электрическом поле, созданном палочкой, стали перемещаться на поверхность шара электрометра 2. Движение электронов происходило до тех пор, пока все точки металлических частей двух электрометров не стали иметь одинаковые потенциалы.</p> <p>3. Поскольку два соединённых металлическим стержнем электрометра образуют изолированную систему, то согласно закону сохранения заряда, положительный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю отрицательному заряду электрометра 2.</p> <p>4. После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>электрометр 1 имеет положительный заряд, а электрометр 2 – отрицательный; п. 1</i>) и полное верное объяснение (в данном случае: <i>п. 2-4</i>) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>электризация во внешнем поле, взаимодействие заряженных тел</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p>	2

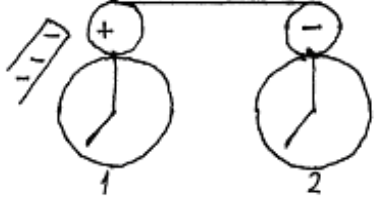
И (ИЛИ)	
В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.	1
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.	
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки.	
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Пример 4.1 (3 балла)

<p>При поднесении отрицательно заряженной палочки к первому электрометру образуется положительный заряд, т.к. под действием сил отталкивания свободные электроны по проводнику переместятся на второй электрометр. Из-за недостатка электронов на первом электрометре будет положительный заряд, а на втором из-за избытка электронов - отрицательный.</p> <p>Если убрать проводник, не убирая палочки, то заряд сохранится и не сможет измениться при отдалении палочки.</p> <p>Таким образом первый электрометр будет заряжен положительно, второй - отрицательно.</p>
--

Приведены правильный ответ и требуемые по критериям оценивания задания ссылки на взаимодействие заряженных тел и перераспределение свободных электронов. Работа оценивается в 3 балла.

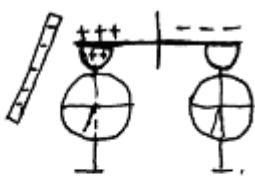
Пример 4.2 (2 балла)



Когда к первому электрометру поднесли отрицательно заряженную палочку, заряд в системе перераспределился так, что левый шар оказался заряжен положительно (разноименные заряды притягиваются), а правый отрицательно (одноименные отталкиваются), при этом ~~их~~ модули ^{зарядов} равны, т.к. изначально электрометры были незаряженными; когда убрали стержень, заряды сохранились.

Приведён правильный ответ и верные рассуждения. Нет указания на одно из необходимых явлений (не сказано о наличии свободных электронов, которые перемещаются под действием электрического поля). Работа оценивается в 2 балла.

Пример 4.3 (1 балл)



1) Поднесли отрицательно заряженную палочку, и в верхней части начислим индуцируемые положительными зарядами частицы по закону распределения зарядов.

2) По т.к. стержень металлический и левая сторона будет заряжена положительно, т.к. стержень ^{направлен} рукой, то частицы, заряженные положительно, ^{наоборот} перейдут в левую сторону, и по закону перераспределения зарядов в правой стороне начислим индуцируемые отрицательные частицы, сила Кулона будет действовать $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$.

3) Делаем вывод, что в левой стороне ^{стержня} положительно заряженные частицы, а в правой отрицательно заряженные, убираем стержень, поле жидкое, в левой стороне электроны уменьшаются количество положительно заряженных частиц и они заряжаются отрицательно, а в правой стороне уменьшаются количество отрицательно заряженных частиц, тем самым правый электрометр заряжается положительно.

4) 1 - электрометр заряжается отрицательно.
2 - электрометр заряжается положительно.

Получен неверный ответ. Пункт 1 решения содержит ошибочные рассуждения, но далее есть рассуждения, направленные на решение задачи. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 4.4 (0 баллов)

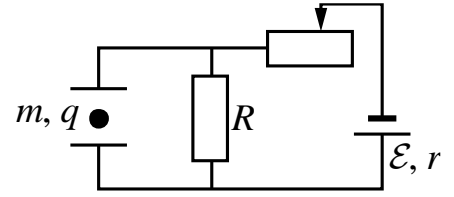
Металлический стержень является проводником, т.к. металлы - это проводящие материалы. Поэтому в тот момент, когда к первому электрометру поднесли палочку, несущую отрицательный заряд, то свободные электроны (палочки) переместятся на стержень, соединяющий оба прибора. Этот стержень проведет заряд и на соседний электрометр. Электроны распространятся равномерно, но есть по одинаковой численности катоды из приборов. Когда убрал стержень, то есть проводник, тогда показания этих приборов переменились.

Так как палочка была заряжена отрицательно, а электрометр не имел никакого заряда (это мы видим из первого рисунка) то оба прибора при поднесении палочки стали отрицательно заряженными.

Указан неверный ответ. Рассуждения относятся к случаю, когда заряженной палочкой касаются первого электрометра. Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 5

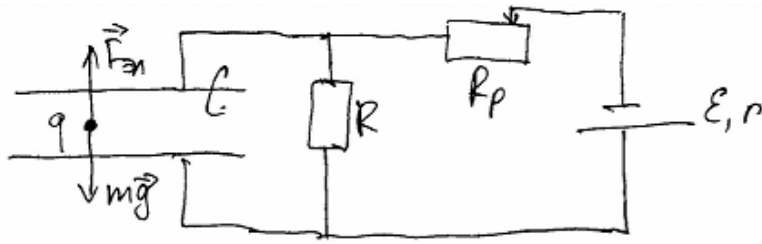
Две параллельные металлические пластины, расположенные горизонтально, подключены к электрической схеме, приведённой на рисунке. Между пластинами находится в равновесии маленькое заряженное тело массой m и зарядом q . Электростатическое поле между пластинами считать однородным. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как и в каком направлении начнёт двигаться тело, если сдвинуть ползунок реостата вправо.



Возможное решение	
<p>1. Поскольку пластины подключены к источнику ЭДС, то между ними имеется разность потенциалов, в пространстве между ними создаётся однородное электростатическое поле. Согласно электрической схеме нижняя пластина имеет положительный заряд, а верхняя – отрицательный; следовательно, вектор напряжённости поля направлен вертикально вверх. По условию задачи заряженное тело находится в равновесии; следовательно, сила тяжести скомпенсирована силой Кулона, направленной вертикально вверх. Отсюда делаем вывод, что тело имеет положительный заряд.</p> <p>2. Если сдвинуть ползунок реостата вправо, то сопротивление реостата возрастёт. Поскольку реостат соединён с резистором R последовательно, то и общее сопротивление цепи также возрастёт.</p> <p>3. Согласно закону Ома для полной цепи: $\mathcal{E} = I(R_{\text{внеш}} + r)$ – при увеличении сопротивления внешней цепи сила тока в ней уменьшится. Таким образом, по закону Ома для участка цепи: $U = IR$ – напряжение на резисторе R также уменьшится. Поскольку пластины соединены с резистором R параллельно, то, соответственно, напряжение между ними уменьшится. Следовательно, уменьшится и напряжённость поля между пластинами:</p> $E = \frac{U}{d}.$ <p>4. Уменьшение напряжённости поля приведёт к уменьшению силы Кулона, действующей на тело: $F = qE$. Равновесие нарушится, сила тяжести станет больше силы Кулона, и тело начнёт двигаться вниз с ускорением.</p> <p>Ответ: тело начнёт двигаться вниз с ускорением</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>тело начнёт двигаться вниз с ускорением</i> , п. 4) и полное верное объяснение (в данном случае: <i>п. 1-4</i>) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>закон Ома для полной цепи и участка цепи, условие равновесия тела в электростатическом поле, равенство напряжений на конденсаторе и резисторе, связь разности потенциалов с напряжённостью однородного электрического поля, формула для силы Кулона</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.	2
В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)	

<p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Пример 5.1 (3 балла)



Вначале шар в равновесии, значит $F_{эл} = mg$,
где $F_{эл} = E \cdot q$

Если сдвинуть ползунок реостата вправо, то R_p увеличивается.

Тогда по закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + R_p + r} \text{ уменьшится (} R \text{ и } R_p \text{ соединены послед. с источ.)}$$

$U_C = U_R$, т.к. соединены параллельно

$U_R = I \cdot R$ по закону Ома

$U_C = U_R = I \cdot R$ уменьшается, значит

$E = U_C / d$ уменьшается, значит

$F_{эл} = E \cdot q$ уменьшается. Тогда шар движется вниз с ускорением. (F_эл станет меньше mg)

Ответ: вниз с ускорением.

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и верные рассуждения с указанием необходимых условий, формул и законов. Работа оценивается в 3 балла.

Пример 5.2 (2 балла)

1) Так как прошло продолжительное время, то конденсатор заряжен и нижняя пластина заряжена положительно, а верхняя отрицательно (возникает разность потенциалов)

Значит между пластинками возникло электростатическое поле линии которого направлено вверх, значит на тело действует сила $F_э = E \cdot q$

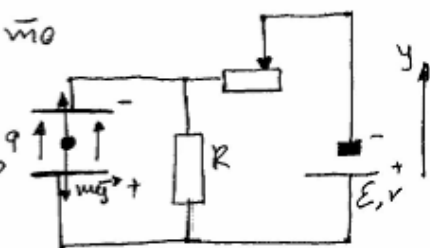
2) По второму закону Ньютона $\vec{F}_э + m\vec{g} = \vec{0}$; $0,4 \cdot F_э = mg$
 $\Rightarrow Eq = mg$.

3) При увеличении сопротивления катушки вращение не так увеличится, значит, по закону Ома для полной цепи:
 ~~$I = \frac{\mathcal{E}}{R + R_{вн} + r}$~~ $I = \frac{\mathcal{E}}{R + R_{вн} + r} \Rightarrow$ ток в цепи уменьшится.

4) Из-за уменьшения тока в цепи, напряженность поля между пластинками ослабнет, значит $\downarrow E q = mg$, значит $mg > E q$, значит тело начнет двигаться вниз равноускоренно

Ответ: согласно второму закону Ньютона; $mg - E q = ma$

Ответ - равноускоренно вниз

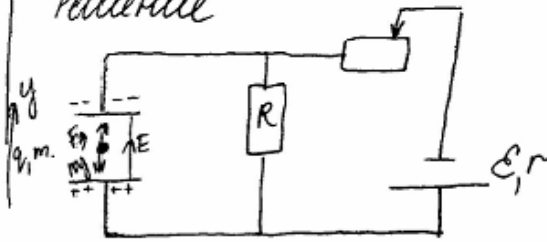


Приведён верный ответ и верные рассуждения. Но в рассуждениях пропущен элемент о связи напряжения на конденсаторе с напряженностью электростатического поля. Работа оценивается в 2 балла.

Пример 5.3 (1 балл)

Дано:
m, q

Решение



1) Так движок реостата движется вправо \Rightarrow сопротивление цепи ^{РЕОСТАТА} увеличивается $\Rightarrow R_{общ}$

2)

2) Реостат и резистор соединены последовательно: \Rightarrow

$$R_{общ} = R + R_p, \text{ так как } R_p \text{ увеличивается } \Rightarrow R_{общ} \uparrow$$

(где $R_{общ}$ - сопротивление цепи

R - сопротив. резистора, R_p - сопротив. реостата)

Так R_p увеличивается $\Rightarrow R_{общ}$ тоже увеличивается.

3) По закону Ома для полной цепи.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{общ} + r}; \text{ где } I - \text{ сила тока цепи, } \mathcal{E} - \text{ электродвижущая сила источника}$$

r - сопротивление источника

Так $R_{общ}$ увелич. $\Rightarrow I$ уменьшается.

4) Две металлические пластины и резистор подключены параллельно

$$U_c = U_R, \text{ где } U_c - \text{ напряжение на пластинках}$$

U_R - напряжение на резисторе.

5) По закону Ома для участка цепи.

$$U_R = IR, \text{ так } I \text{ уменьшается } \Rightarrow U_R \text{ тоже уменьш}$$

шается. $U_R = U_c \Rightarrow U_c$ тоже уменьшается.

6) На нижней пластине скопится положительный заряд, а на верхней отрицательный (исходя из расположения источника тока).

E -напряженность между пластинами, будет направлена, как указана на рисунке.

4) $U_c = Ed$, где d - расстояние между пластинами.

$E = \frac{U_c}{d} \Rightarrow$ т.к. U_c уменьшается $\Rightarrow E$ тоже уменьшается.

3) Укажем направление сил, действ. на шарик, введём ось Oy , распишем 2ой закон Ньютона.

$F_{эл} - mg = 0$, т.к. тело покоится в начальный момент.

$$F_{эл} = mg.$$

$F_{эл} = qE$ т.к. E уменьшается $\Rightarrow F_{эл}$ тоже уменьшается. и тело приобретает ускорение, направленное против оси Oy .

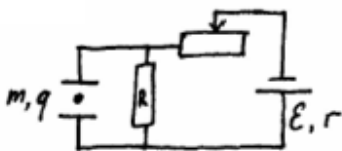
Тело начнет двигаться вниз.

$$qE_2 - mg = -ma, \quad E_2 - \text{новая напряженность.}$$

Ответ: Тело начнет двигаться вниз с ускорением.

Приведён верный ответ и рассуждения, в которых есть ссылки на все необходимые формулы и законы. Но в законе Ома для участка цепи допущена ошибка. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 5.4 (0 баллов)



Если сдвинуть ползунок реостата вправо, то сопротивление в цепи увеличится следовательно сила тока уменьшится по закону Ома $I = \frac{U}{R}$.

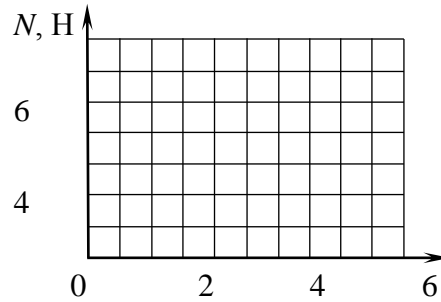
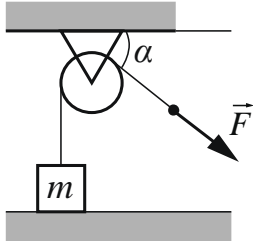
Из этого следует, что электрическое поле в между пластинами ослабнет. $\vec{F} = \vec{E}q$ - из этого выражения следует, что сила действующая на заряд будет сонаправлена направлению электрического поля. А у нас не известен заряд q - положительный он или отрицательный. Скорее всего перемещением ползунка реостата не будет влияния на направление движения заряженного тела.

Приведен неверный ответ и неверные рассуждения, есть только верное указание на формулу для силы, действующей со стороны электрического поля. Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 6

Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m=0,4$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила \vec{F} . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



Возможное решение

1. Если сила \vec{F} достаточно мала, груз покоится относительно стола (эту систему отсчёта будем считать инерциальной). На груз при этом действуют сила тяжести $m\vec{g}$, сила реакции со стороны стола \vec{N} и сила натяжения нити \vec{T} , показанные на рис. 1.

Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях на ось y введённой системы отсчёта: $N + T - mg = 0$.

Поскольку нить лёгкая, а блок идеальный, модуль силы натяжения нити во всех точках одинаков, поэтому $T = F$.

Отсюда получаем: $N = mg - F \geq 0$ при $F \leq mg = 4$ Н.

2. При $F > mg = 4$ Н груз отрывается от стола и движется вдоль оси y с ускорением. На груз при этом действуют только сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити \vec{T}' , показанные на рис. 2, а модуль силы реакции стола $N = 0$.

Таким образом: а) при $F \leq mg = 4$ Н $N = mg - F$;

б) при $F > mg = 4$ Н $N = 0$.

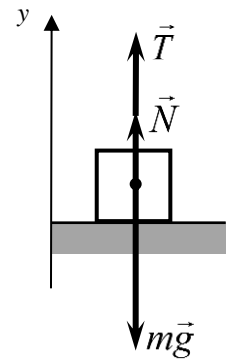


Рис. 1

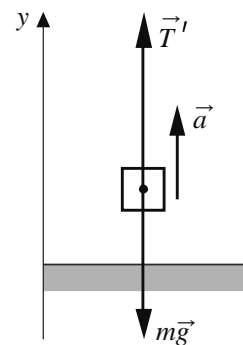
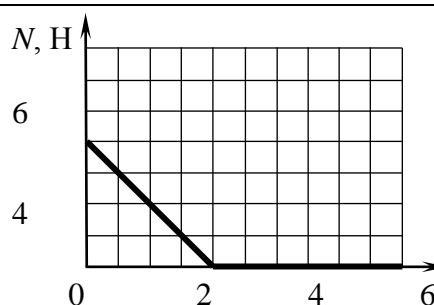


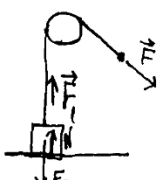
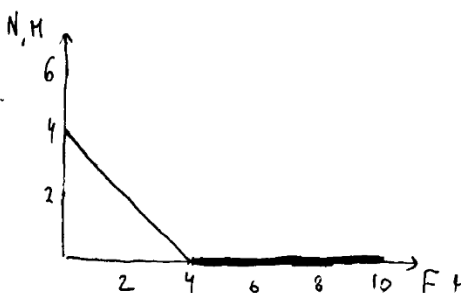
Рис. 2

3. График этой зависимости представляет собой ломаную линию.



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n. 3</i>) и полное верное объяснение (в данном случае: <i>n. 1 и 2</i>) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, условие отрыва груза от стола</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<i>3</i>

Пример 6.1 (3 балла)

<p>физо</p> <p>$m = 0,4 \text{ кг}$</p> <p>$\vec{F} = \text{const}$</p> <p>$\alpha = 30^\circ$</p> <p>Цель:</p> <p>Построение</p> <p>График функции</p> <p>$N(F) \quad F \in [0; 10]$</p>	<p>Комментарии</p>  <p>$N = F_T - \overset{\text{от}}{F}_i = 4 - \overset{\text{от}}{F}_i = 4 - F$ - график прямой</p> <p>$N \geq 0 \Rightarrow$ тогда ^{во время} тогда ^{пока} того как F_i станет больше, чем F_T, груз начнет подниматься и оторвется от поверхности не будет касаться груза $\Rightarrow N=0 \quad F \in \text{при } F \geq 4$</p> <p>Т.к. неподвижный блок меняет</p> <p>Направление силы но не её</p> <p>модуль $F_i = F$</p>	<p>Построение:</p> 
---	---	---

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и верные рассуждения с указанием необходимых условий и законов. Работа оценивается в 3 балла.

Пример 6.2 (2 балла)

$m = 0,4$

м.к. груз поднимается на нитке, перекинутой через идеальный неподвижный блок

$\Rightarrow \vec{F} = \vec{T}$

$mg = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ Н}$

$T_{\text{max}} = F_{\text{max}} = 10 \text{ Н}$

$4 < 10 \Rightarrow mg < F_{\text{max}} \Rightarrow$ в некоторый момент груз оторвется от стола.

До отрыва:

$$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = 0. \quad (\text{согласно 3-му закону Ньютона})$$

$$T + N - mg = 0.$$

$$F + N = mg$$

$$N = mg - F.$$

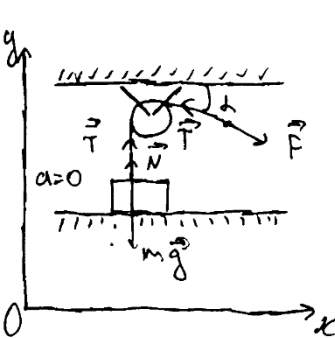
После отрыва: стол и груз не взаимодействуют $\Rightarrow N = 0.$

Ответ:

Force F (Н)	Normal force N (Н)
0	4
1	3.5
2	3
3	2.5
4	2
5	1.5
6	1
7	0.5
8	0
9	0
10	0

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и верные рассуждения с указанием необходимых условий и законов. Но в работе имеются лишние неверные записи о третьем законе Ньютона. Работа оценивается в 2 балла.

Пример 6.3 (1 балл)



1. Введем систему координат xOy

2. Запишем сумму сил в векторной форме:

$$0 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T}$$

$$0 = \vec{T} + \vec{F}$$

3. Запишем сумму сил в проекциях на Oy и Ox , используя 2-й закон Ньютона:

Oy : 1) $0 = -mg + N + T$
 2) $0 = T \sin \alpha - F \sin \alpha$

4. Выразим N из равенства 1:

$$3) N = mg - T$$

Выразим T из равенства 2:

$$4) T = F$$

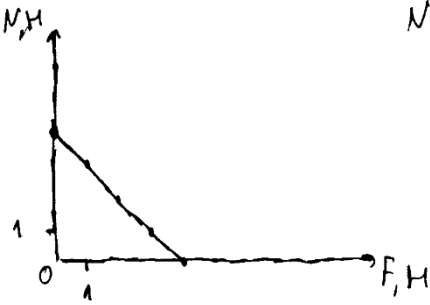
Подставим F вместо T в равенство 3 и составим таблицу полученной функции зависимости N от F :

$$N = mg - F \Rightarrow N = 4 - F$$

F	0	1	2	3	4
N	4	3	2	1	0

значения $F > 4$ не имеют смысла, т.к. $N < 0$, то значит, что груз поднимут и сам тело не лежит на поверхности.

Ответ: ответ представлен на графике $N-F$.

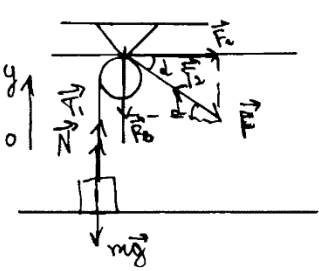


Приведено верные рассуждения по первой части рассуждений. В последнем предложении допущены ошибки. График, а следовательно, и ответ только частично верный. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 6.4 (1 балл)

2. Дано:
 $m = 0,4 \text{ кг}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $0 \leq F \leq 10 \text{ Н}$
 построить график $N(F)$

Решение:



Туз, подвешенный на нити, перекинутой через блок, находится на поверхности в состоянии покоя. К другому концу нити прикладывается сила F от 0 до 10 Н. Найдите значение силы F , при которой туз будет находиться в состоянии равновесия, опираясь не соприкасаясь с землей ($N=0$)

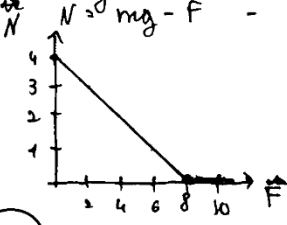
$\sum \vec{F}_i = 0$ - условие равновесия

$\vec{T} - m\vec{g} = 0$
 оу: $T = mg$ подставим известные значения
 $T = 0,4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 4 \text{ Н}$ - сила натяжения нити, при которой тело находится в равновесии
 по 3-му закону Ньютона $\vec{T}_2 = -\vec{T}_1$ $T_2 = F$
 $T = F \cdot \sin \alpha$
 $F = \frac{T}{\sin \alpha} = \frac{4 \text{ Н}}{\sin 30^\circ} = 8 \text{ Н}$ сила, при которой $N=0$

при значениях F от 0 до 8 рассмотрим действие сил:

$\sum \vec{F}_i = 0$, $N + \vec{T}_1 + m\vec{g} = 0$; оу: $T_1 + N - mg = 0$ $T_1 = mg - N$
 $\sum \vec{F}_i = 0$ $\vec{T}_2 + F = 0$; $T_2 = F$
 $T_1 = T_2$ по 3-му закону Ньютона
 $mg - N = F$
 $N = mg - F$ - график является прямой;

при $F = 0$ до 8 график линейно убывает
 при $F \geq 8$ $N = 0$, $F \uparrow$



Отв: при $F \in [0; 8]$ график линейно убывает, при $F \geq 8$ $N=0$

В рассуждениях имеются ошибки, которые привела к неверному построению графика. Однако есть верные утверждения, направленные на решение задачи. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 6.5 (0 баллов)

2 Дано: $m = 0,4 \text{ кг}$
 $\alpha = 30^\circ$
 \vec{F} - сила
 $0 \leq F \leq 10 \text{ Н}$

Решение:

T -сила натяжения нити, которое равно во всех точках нити.

$N, \text{ Н}$

0 2 4 6 8 10 $F, \text{ Н}$

- Второй закон Ньютона (для определения N_{max})

$OY: 0 = N - mg \rightarrow N = mg \cdot (F_T) - \text{эта } N \text{ ^{оуна} макс т.к. угол между } (N \text{ и } x) = 90^\circ$

Для того, чтобы поднять груз нужна $F_y \geq N$

- Второй закон Ньютона (для определения F_y): $F_y = F \cdot \sin \alpha$

$OY: 0 = N - F_y \rightarrow N = F_y \rightarrow N = F \cdot \sin \alpha \quad F = \frac{N}{\sin 30^\circ} \Rightarrow$

$\Rightarrow F = \frac{4 \text{ Н}}{1/2} = 8 \text{ Н}$, значит при $F = 8 \text{ Н}$ груз поднимется.

из этого следует, что при поднятии груза $N = 0$, т.к. опора груза не будет.

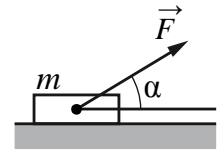
25

График построен неверно. В имеющихся рассуждениях отсутствуют верные утверждения. Работа оценивается в 0 баллов.

3.2. Примеры оценивания ответов на задания 22 и 23

Задание 1

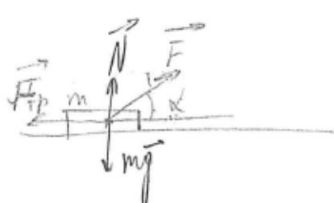
Брусок массой $m = 2$ кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и плоскостью $\mu = 0,2$. Модуль действующей на брусок силы трения $F_{\text{тр}} = 2,8$ Н. Чему равен модуль силы F ?



Возможное решение	
<p>Запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось: $0 = N - mg + F \sin \alpha$.</p> <p>Выражение для силы трения скольжения имеет вид $F_{\text{тр}} = \mu N$. Выполняя преобразования, получим: $F_{\text{тр}} = \mu(mg - F \sin \alpha)$. В итоге, искомая сила $F = \frac{\mu mg - F_{\text{тр}}}{\mu \sin \alpha} = \frac{0,2 \cdot 2 \cdot 10 - 2,8}{0,2 \cdot 0,5} = 12$ Н.</p> <p>Ответ: $F = 12$ Н</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, формула для силы трения скольжения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

Работа 1.1 (2 балла)

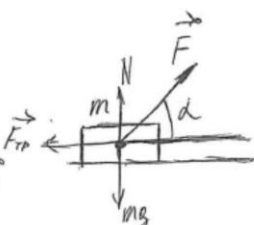
<p>Дано:</p> <p>$m = 2 \text{ кг}$</p> <p>$\alpha = 30^\circ$</p> <p>$\mu = 0,2$</p> <p>$F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н}$</p> <hr style="width: 50%; margin: 10px auto;"/> <p>$F = ?$</p>	<p>Решение:</p> $N = \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} = \frac{2,8}{0,2} = 14 \text{ Н}$ $N + F \sin \alpha - mg = 0$ <p>$F \sin \alpha = mg - N$</p> $F \sin \alpha = mg - N$ $F = \frac{mg - N}{\sin \alpha} = \frac{2 \cdot 10 - 14}{0,5} = \frac{6}{0,5} = 12 \text{ Н}$ <p>Ответ: 12 Н</p>
--	---



Приведено полное верное решение: записаны две необходимые формулы, проведены преобразования, представлены вычисления и верный ответ. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 1.2 (2 балла)

<p>Дано:</p> <p>$m = 2 \text{ кг}$</p> <p>$\alpha = 30^\circ$</p> <p>$\mu = 0,2$</p> <p>$F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н}$</p> <hr style="width: 50%; margin: 10px auto;"/> <p>$F = ?$</p>	<p>$F_{\text{тр}} = \mu N$</p> <p>$F_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha)$</p> $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F} = m\vec{a}$ <p>$Ox: F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = ma$</p> <p>$Oy: N = mg - F \sin \alpha$</p> $F_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha)$ $F_{\text{тр}} = \mu N$ $2,8 = 0,2 \cdot N = 14$ $N = mg - F \sin 30^\circ$ <p>$F \sin 30^\circ = 6$</p> $F \sin 30^\circ = 6$ $\frac{1}{2}$ $F = 12$ <p>Ответ: 12 Н</p>
--	---



Приведено полное верное решение: записаны необходимые формулы, проведены преобразования и вычисления по действиям и дан верный ответ. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 1.3 (1 балл)

<p>Дано:</p> <p>$m = 2 \text{ кг}$</p> <p>$\alpha = 30^\circ$</p> <p>$\mu = 0,2$</p> <p>$F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н}$</p> <hr/> <p>$F = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>По II закону Ньютона</p> <p>$N + F \sin \alpha - mg = 0$</p> <p>$F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н} = \mu N$</p> <p>.....</p> <p>Ответ: 12 Н</p> <p>$F = \frac{mg - N}{\sin \alpha} = \frac{mg - F_{\text{тр}}/\mu}{\sin \alpha} = \frac{2 \cdot 10 - 2,8/0,2}{\sin 30^\circ} = 12 \text{ Н}$</p>	
---	--	--

Приведено правильное решение и получен верный ответ, но на рисунке не указана сила трения. Неверный рисунок (поскольку требование к его представлению в тексте задачи отсутствует) отнесён к лишним записям. Работа оценивается в 1 балл.

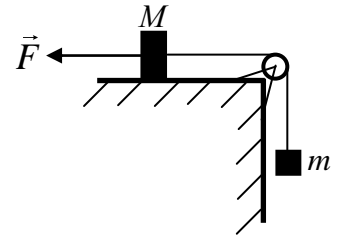
Работа 1.4 (0 баллов)

<p>Дано:</p> <p>$m = 2$</p> <p>$\alpha = 30^\circ$</p> <p>$\mu = 0,2$</p> <p>$F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н}$</p> <p>Искомое:</p> <p>$F$</p>	<p>Решение: F'</p> <p>$N + F \sin \alpha - mg = 0$</p> <p>$F = \mu N$ $F = \mu (mg - F \sin \alpha) = 0,2 \cdot (20 - 6) = 0,2 \cdot 14$</p> <p>$F = 2,8$ Ответ: $F = 2,8$</p>
--	---

Приведена только одна верная формула, выражение для силы трения записано неверно (отсутствует обозначение силы трения). Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 2

Груз массой $M = 0,8$ кг, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой $m = 0,5$ кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила F (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с^2 , направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен $0,2$. Чему равен модуль силы F ?

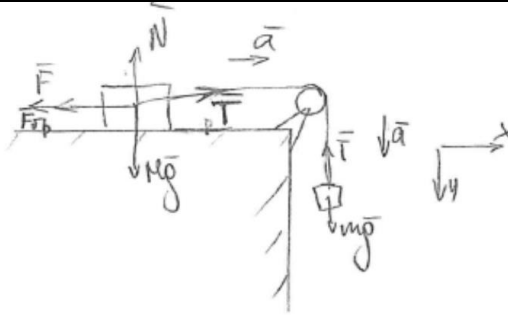


Возможное решение	
<p>Грузы связаны лёгкой нерастяжимой нитью, а блок идеальный, следовательно, силы натяжения нити одинаковы и грузы движутся с одинаковыми ускорениями. Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную и вертикальную оси, направленные по направлению движения грузов: $Ma = T - F - F_{\text{тр}}$, $0 = N - Mg$ и $ma = mg - T$.</p> <p>Выражение для силы трения скольжения имеет вид $F_{\text{тр}} = \mu N$.</p> <p>Выполняя преобразования, получим $Ma = T - F - \mu Mg$, $ma = mg - T$.</p> <p>В итоге получим: $F = mg - \mu Mg - (M + m)a = 0,5 \cdot 10 - 0,2 \cdot 0,8 \cdot 10 - (0,8 + 0,5) \cdot 2 = 0,8 \text{ Н}$.</p> <p>Ответ: $F = 0,8 \text{ Н}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>второй закон Ньютона, формула для силы трения скольжения</u>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<u>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</u>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

Работа 2.1 (2 балла)

Дано
 $M = 0,8 \text{ м}$
 $m = 0,5 \text{ м}$
 $a = 2 \text{ м/с}^2$
 $\mu = 0,2$
 $F = ?$

I тело:
 $\begin{cases} \text{оу: } Mg = N \\ \text{ох: } T - F - F_{\text{тр}} = Ma \quad (1) \\ F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg \quad (2) \end{cases}$



II тело
 $mg - T = ma$
 $T = mg - ma = m(g - a) \quad (3)$

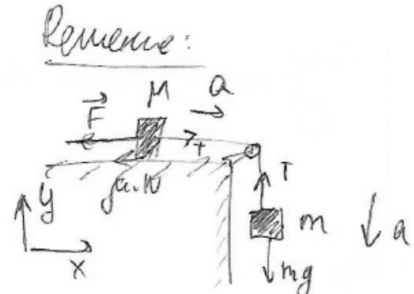
$(2) \text{ и } (3) \rightarrow (1)$
 $m(g - a) - F - \mu Mg = Ma$
 $F = m(g - a) - M(\mu g + a)$
 $F = 0,5(10 - 2) - 0,8(0,2 \cdot 10 + 2) = 0,5 \cdot 8 - 0,8 \cdot 4 = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ Н}$
 Ответ: 0,8 Н

Приведено полное верное решение: записаны все необходимые формулы, проведены преобразования, представлены вычисления и верный ответ. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 2.2 (2 балла)

Дано:
 $M = 0,8 \text{ кг}$
 $m = 0,5 \text{ кг}$
 $a = 2 \text{ м/с}^2$
 $\mu = 0,2$
 $F = ?$

Решение:



Применим 2ой (и третий) законы Ньютона
 к Тела (на ос x и y, обозначенные на рисунке):
 к M:
 $\begin{cases} \text{на } x: T - F - \mu \cdot N = M \cdot a \\ \text{на } y: N - Mg = 0 \end{cases}$

На m :

На y : $-mg + T = -ma$

$T = m \cdot (g - a)$

$\Rightarrow -F = Ma + \mu \cdot N - T$

$F = T - \mu \cdot Mg - Ma$

$F = m \cdot (g - a) - M \cdot (\mu g + a) =$

$\Rightarrow F = 0,5 \cdot (8) - 0,8 \cdot (2 + 2) = 0,8 \text{ (Н)}$ $0,8 \text{ (Н)}$

Ответ: $0,8 \text{ (Н)}$

Приведено полное верное решение: записаны все необходимые формулы, проведены преобразования, представлены вычисления и верный ответ. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 2.3 (1 балл)

Дано:

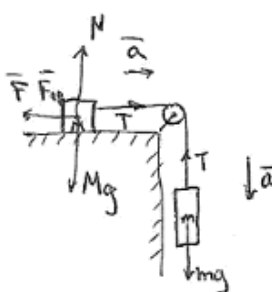
$M = 0,8 \text{ кг}$

$m = 0,5 \text{ кг}$

$\mu = 0,2$

$a = 2 \text{ м/с}^2$

$F = ?$



Спроектируем силы на ось (3-й закон Ньютона)

$F_{\text{тр}} = \mu N$

$N = Mg$ - на oy

$T - F - F_{\text{тр}} = Ma$

$mg - T = ma$

$Ma + ma = mg - F - F_{\text{тр}}$

$F = mg - \mu Mg - Ma - ma = 0,8 \text{ Н}$

Ответ: $0,8 \text{ Н}$

Верно записаны все необходимые формулы, проведены преобразования, получен ответ в общем виде и верный числовой ответ, но не представлены вычисления. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 2.4 (1 балл)

Дано:

$M = 0,8 \text{ кг}$

$m = 0,5 \text{ кг}$

$a = 2 \text{ м/с}^2$

$\mu = 0,2$

$F = ?$

Решение:

Тело m : $\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$ Oy : $mg - T = ma$

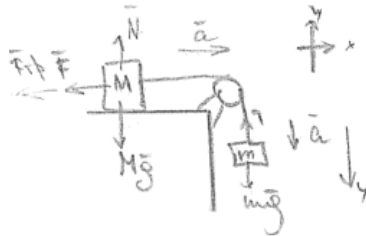
Тело M : $\vec{F} + \vec{N} + M\vec{g} = M\vec{a}$ Ox : $T - F - F_{\text{тр}} = Ma$

Oy : $N = Mg$

$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$

$F = mg - ma + \mu Mg - Ma = 0,5 \cdot 8 - 0,8 \cdot (0,2 \cdot 10 - 2) = 4 \text{ Н}$

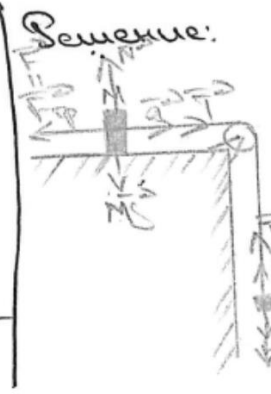
Ответ: 4 Н .



Представлены необходимые уравнения, получен верный ответ в общем виде, но допущены ошибка в записи второго закона Ньютона в векторной форме (оценена как лишняя запись), ошибка в вычислениях и числовом ответе. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 2.5 (0 баллов)

Дано:
 $M = 0,8 \text{ кг}$
 $m = 0,5 \text{ кг}$
 $a = 2 \text{ м/с}^2$
 $\mu = 0,2$
 $|\vec{F}| = ?$

Решение:


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

$$Ox: N - mg = ma$$

$$Oy: N = mg$$

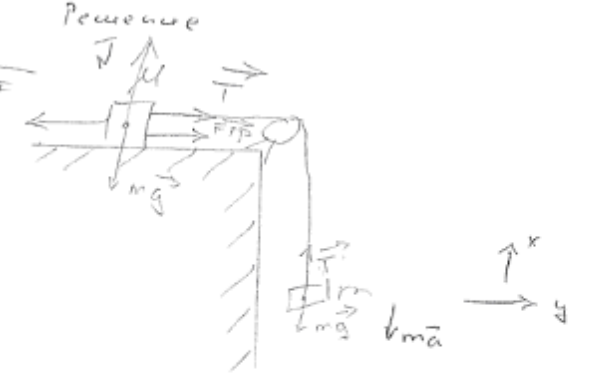
$$1) N = 0,5 \cdot 10 = 5$$

$$2) F_{tr} = \mu \cdot N = 0,2 \cdot 5 = 1,0$$
 Ответ: 1,0.

Неверно записан второй закон Ньютона в векторной форме для груза массой m , не записан закон Ньютона для груза массой M . Работа оценивается в 0 баллов.

Работа 2.6 (0 баллов)

Дано:
 $M = 0,2 \text{ кг}$
 $m = 0,5 \text{ кг}$
 \vec{F}
 $a = 2 \text{ м/с}^2$
 $\mu = 0,2$
 $|\vec{F}| = ?$

Решение:


тело m
 по 2-му закону Ньютона
 $Oy: T = mg + ma$

тело M
 $m\vec{g} + \vec{F} + \vec{T} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{F}_{tr} = m\vec{a}$

$Ox: F - T + F_{tr} = Ma$
 $Oy: N = Mg$

$T = 5 + 1 = 6 \text{ Н}$ т.к. нить нерастяжима $\Rightarrow T_1 = T_2$
 $F = 1,6 + \mu \cdot N + 6$
 $N = Mg$
 $F = 1,6 + 0,2 \cdot 8 + 6 = 8 \text{ Н}$
 Ответ: 8 Н.

Сделан неверный рисунок с указанием сил для груза массой M , соответственно, неверно записан второй закон Ньютона для этого груза. Работа оценивается в 0 баллов.


Задание 3

Столкнулись два одинаковых пластилиновых шарика, причём векторы их скоростей непосредственно перед столкновением были взаимно перпендикулярны и вдвое отличались по модулю: $v_1 = 2v_2$. Какой была скорость более медленного шарика перед абсолютно неупругим столкновением, если после него величина скорости шариков стала равной 1,5 м/с?

Возможное решение	
<p>Запишем закон сохранения импульса для двух взаимодействующих шариков: $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$. Поскольку скорости шариков перед ударом были направлены взаимно перпендикулярно, то импульсы шариков математически связаны теоремой Пифагора: $(mv_1)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2$. Так как по условию $v_1 = 2v_2$, то $(2mv_2)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2 \Rightarrow 5(mv_2)^2 = 4(mv)^2$. В результате получим: $v_2 = 2v/\sqrt{5} = 2 \cdot 1,5/\sqrt{5} \approx 1,34$ м/с.</p> <p>Ответ: $v_2 \approx 1,34$ м/с</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения импульса);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

Работа 3.1 (2 балла)

$V_1 = 2V_2$
 $\vec{V}_1 \perp \vec{V}_2$
 $V_2' = 1,5 \text{ м/с}$
 $V_2 = ?$




Введем о.к. $\parallel \vec{V}_1$; $o.y \uparrow \vec{V}_2$
 по 3.С.К.: $m\vec{V}_2 + m\vec{V}_1 = 2m\vec{V}_2'$, где V_2' - скорость
 после столкн.
 $\Rightarrow \vec{V}_2 + \vec{V}_1 = 2\vec{V}_2'$, т.к. $\vec{V}_2 \perp \vec{V}_1$, то $V_2^2 + V_1^2 = 4V_2'^2 \Rightarrow$
 $V_2 = \sqrt{4V_2'^2 - V_1^2} \Rightarrow V_2^2 + 4V_2^2 = 4V_2'^2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow V_2 = 2V_2' \sqrt{\frac{1}{5}} = 3\sqrt{\frac{1}{5}} = 1,3 \text{ (м/с)}$
 Ответ: $V_2 = 1,3 \text{ м/с}$

Записан закон сохранения импульса, необходимое математическое соотношение, проведены преобразования, представлены вычисления и верный ответ. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 3.2 (1 балл)

Дано:
 $m_1 = m_2$
 $v_3 = v_2$
 $U = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



Найти:
 $v_3 = ?$

$p = mV \quad \Delta \vec{p} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$
 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = U (m_1 + m_2)$
 $m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) U_x$
 $m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y} = (m_1 + m_2) U_y$
 $v_{3x} = v_3 \quad v_{2x} = 0 \quad v_{3y} = 0 \quad v_{2y} = v_3$
 $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) U_x$
 $m_2 v_2 = (m_1 + m_2) U_y$
 $U_x = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 v_1}{2m_1} = \frac{v_1}{2}$
 $U_y = \frac{m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_2 v_2}{2m_2} = \frac{v_2}{2}$
 $U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} = \sqrt{\frac{v_1^2}{4} + \frac{v_2^2}{4}}$
 $= \frac{\sqrt{5v_2^2}}{2} = \frac{\sqrt{5} v_2}{2}$
 $\frac{\sqrt{5} v_2}{2} = 1,5 \quad v_2 = 3\sqrt{5}$
 $v_3 = 6\sqrt{5}$
 Ответ: $v_3 = 6\sqrt{5} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Допущена ошибка в вычислениях: отсутствует знак вектора в законе сохранения импульса. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 3.3 (0 баллов)

Дано:
 $m_1 = m_2$
 $V_1 = 2V_2$
 $V = 1,5 \text{ м/с}$
 Найти:
 $V_2 = ?$

Решение:
 $m_1 V_1 + m_2 V_2 = (m_1 + m_2) V$
 $2 m_1 V_2 + m_1 V_2 = 2 m_1 V$
 $3 m_1 V_2 = 2 m_1 V$
 $V_2 = \frac{2}{3} V = 1 \text{ м/с}$

Ответ: 1 м/с

Представлен неверный рисунок и неверная запись закона сохранения импульса. Работа оценивается в 0 баллов.

Работа 3.4 (0 баллов)

Дано:
 $v_1 = 2v_2$

$v^2 = 4v_2^2 + v_2^2 = 5v_2^2$

$v = \sqrt{5} v_2$

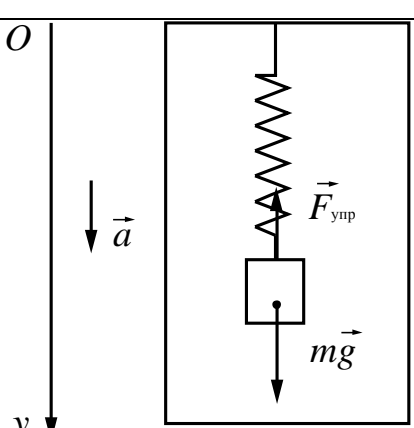
$1,5 = \sqrt{5} v_2$

$v_2 = \frac{1,5}{\sqrt{5}} = \frac{3}{2\sqrt{5}} \text{ м/с}$

Отсутствует закон сохранения импульса, в соотношении для скоростей допущена ошибка. Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 4

Груз массой 200 г подвешен на пружине жёсткостью 100 Н/м к потолку лифта. Лифт равноускоренно движется вниз, набирая скорость. Каково ускорение лифта, если удлинение пружины постоянно и равно 1,5 см?

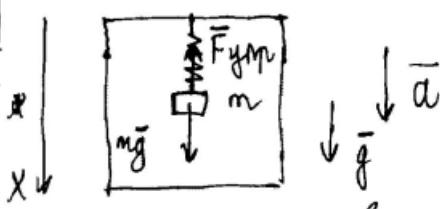
Возможное решение	
<p>1. Выберем инерциальную систему отсчёта «шахта лифта», направив вертикальную ось Oy вниз по ускорению и расставив силы, действующие на груз, как показано на рисунке.</p> <p>2. Запишем II закон Ньютона для груза в выбранной ИСО в проекциях на ось Oy:</p> $Oy: mg - F_{\text{упр}} = ma, \text{ откуда} \quad (1)$ $a = g - \frac{F_{\text{упр}}}{m}. \quad (2)$ <p>3. По закону Гука запишем для модуля силы упругости:</p> $F_{\text{упр}} = k\Delta y, \quad (3)$ <p>где k – жёсткость, а Δy – заданное удлинение пружины.</p> <p>4. Подставив (3) в (2), находим проекцию искомого ускорения:</p> $a = g - \frac{k\Delta y}{m} = 10 - \frac{100 \cdot 0,015}{0,2} = 2,5 \text{ м/с}^2.$ <p>Ответ: $a = 2,5 \text{ м/с}^2$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, закон Гука</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p>	1

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.	
И (ИЛИ)	
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

Работа 4.1 (2 балла)

Дано

$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$
 $K = 100 \text{ Н/м}$
 $\Delta x = 1,5 \text{ см} = 0,015 \text{ м}$
 $a = ?$



Запишем второй закон Ньютона для груза:

$$m\bar{a} = m\bar{g} + \bar{F}_{упр}$$

Проекция на ось x: $ma = mg - F_{упр}$.

Закон Гука: $F_{упр} = K\Delta x$

$$ma = mg - K\Delta x$$

$$a = g - \frac{K\Delta x}{m}$$

$$a = 10 - \frac{100 \cdot 0,015}{0,2} = 2,5 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $a = 2,5 \text{ м/с}^2$

Представлено полностью верное решение задачи.

Работа 4.2 (2 балла)

<p>Дано:</p> $m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$ $k = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ $\Delta x = 1,5 \text{ см} = 0,015 \text{ м}$ $g = 10 \text{ м/с}^2$ $a = ?$	<p>Решение:</p> $F_{\text{упр}} - mg = -ma$ - второй закон Ньютона $F_{\text{упр}} = k \Delta x$ $k \Delta x - mg = -ma$ $a = \frac{mg - k \Delta x}{m}$ $a = \frac{0,2 \cdot 10 - 100 \cdot 0,015}{0,2} = 2,5 \text{ м/с}^2$
<p>Ответ: $2,5 \text{ м/с}^2$</p>	

Второй закон Ньютона записан в проекциях, но рисунок не представлен. Поскольку по условию рисунка не требуется, то решение считается полностью верным. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 4.3 (0 баллов)

<p>Дано:</p> $m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$ $k = 100 \text{ Н/м}$ $\Delta x = 1,5 \text{ см} = 1,5 \cdot 10^{-2}$ $a = ?$	<p>См.:</p>	<p>Решение:</p> <p>Сила упругости по модулю равна силе тяжести, но т.к. масса движется.</p> $F_{\text{упр}} = m(g - a) \Rightarrow$ <small>где g ускорен. св. масс.</small> $F_{\text{упр}} = k \Delta x$ $a = \frac{k \Delta x}{m^2 g}$ $a = \frac{100 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2}}{0,2^2 \cdot 10} = 3,75 \text{ м/с}^2$
<p>Ответ: $3,75 \text{ м/с}^2$</p>		

В решении задачи отсутствует второй закон Ньютона, есть только следствие из него. Есть неверное утверждение в начале решения и ошибка в преобразованиях. Работа оценивается в 0 баллов.

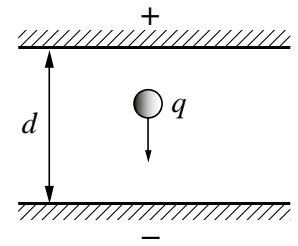
Работа 4.4 (0 баллов)

$\Delta x = 0,015 \text{ м}$ $m = 0,2 \text{ м}$ $K = 100 \text{ Н/м}$ <hr/> $a_u = ?$		$a_u = -a_c$ $\text{от } m\vec{g} + \vec{F}_{\text{упр}} = m\vec{a}_c$ $0x: 0 = 0$ $0y: -mg - F_{\text{упр}} = +ma_c$ $-mg - F_{\text{упр}} = -ma_u$ $a_u = \frac{mg + F_{\text{упр}}}{m} = \frac{mg + K\Delta x}{m}$ $= \frac{0,2 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 + 100 \text{ Н/м} \cdot 0,015 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} = 17,5 \text{ м/с}^2$
<p>Ответ: $a_u = 17,5 \text{ м/с}^2$</p>		

Неверно записан второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось, следовательно допущена ошибка в исходном уравнении. Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 5

Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии $d = 2$ см друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 10 кВ. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Заряд капли $q = -8 \cdot 10^{-11}$ Кл. При каком значении массы капли её скорость будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь.



Возможное решение	
<p>На каплю действуют сила тяжести, направленная вниз, и сила со стороны электростатического поля, направленная вверх, так как капля заряжена отрицательно. Для того чтобы капля двигалась с постоянной скоростью, эти силы должны быть равны по модулю: $mg = q E$.</p> <p>Напряжённость однородного электростатического поля конденсатора связана с напряжением между пластинами соотношением $E = \frac{U}{d}$.</p> <p>Следовательно, масса капли $m = \frac{ q U}{dg} = \frac{8 \cdot 10^{-11} \cdot 10^4}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ кг} = 4 \text{ мкг}$.</p> <p>Ответ: $m = 4 \text{ мкг}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, формула для силы, действующей на заряженное тело в электростатическом поле, взаимосвязь напряжённости и напряжения однородного электростатического поля</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p>	1

И (ИЛИ)	
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

Работа 5.1 (2 балла)

Найти: m -?

Решение: т.к. скорость капли должна быть постоянной запишем I закон Ньютона: $\vec{F}_{кл} + m\vec{g} = 0$, где

оx: $F_{кл} - mg = 0$

$F_{кл} = mg$

Запишем формулу силы Кулона: $F_{кл} = qE$, где q - заряд капли E - напряженность

Напишем формулу напряженности:

$$E = \frac{U}{d}, \text{ где } U - \text{напряжение}$$

d - расстояние между обкладками конденсатора

~~qE~~ т.к. ~~частица заряжена~~ и
т.к. частица заряжена отрицательно, а сверху
положительно заряженная обкладка, то сила Кулона
будет направлена вверх и при расчетах не будем
учитывать заряд капли т.к. учли его в направлении
силы.

$$qE = mg$$

$$\frac{qU}{d} = mg$$

$$m = \frac{qU}{dg}$$

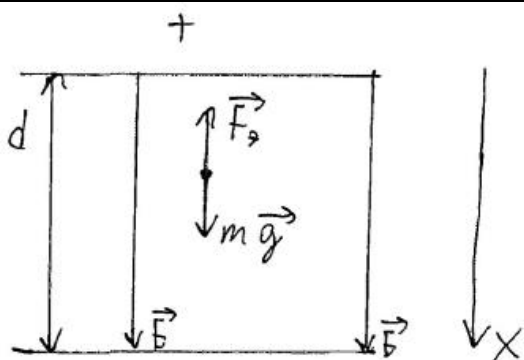
$$m = \frac{8 \cdot 10^{-11} \cdot 10^3 \cdot 10}{0,02 \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ (кг)}$$

Ответ: масса капли равна $4 \cdot 10^{-6}$ кг

Приведено полное верное решение, включая преобразования, расчеты и описание физических величин. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 5.2 (1 балл)

Дано
 $d = 0,02 \text{ м}$
 $U = 10000 \text{ В}$
 $q = -8 \cdot 10^{-17} \text{ Кл}$
 $m = ?$



$\vec{F}_e = \vec{E} q$ $E = \frac{U}{d}$ $\vec{F} = m \vec{a}$
 $E = \frac{U}{d} = \frac{10000}{0,02} = 500000 \frac{\text{В}}{\text{м}}$
 м.к. $|\vec{v}| = \text{const} \Rightarrow |\vec{a}| = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $m \vec{g} + \vec{F}_e = m \cdot 0$
 $m g_x = -E_x q$ $m = \frac{-E_x q}{g_x} = \frac{-500000 \cdot (-8 \cdot 10^{-17})}{10}$
 $= 4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$

Ответ: $m = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$

Приведено верное решение и верный ответ. Отсутствует указание на напряженность электростатического поля при введении соответствующей величины и недочет в записи второго закона Ньютона. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 5.3 (1 балл)

<p>Дано:</p> <p>$d = 2 \text{ см}$</p> <p>$U = 10 \text{ кВ} = 10^4 \text{ В}$</p> <p>$q = -8 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$</p> <p>$m = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>Скорость камня будет постоянной, когда сумма сил действующих на камень равно нулю (то есть сбалансированно). На камень действуют две силы: сила тяжести и сила элек. поля.</p> <p>$\Rightarrow mg = \frac{ q U}{d} \Rightarrow m = \frac{ q U}{dg}$ g - ускор. св. падает.</p> <p>$m = \frac{8 \cdot 10^{-11} \cdot 10^4}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$</p> <p>Т.к. верней. пластина заряда. полож., а нижн. отрицательна. а заряду кам. отрицат. то вектор сил. электр. поля направлен вверх.</p>
---	--

Ответ: $4 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$

Представлено решение, подстановка числовых значений и верный ответ. В работе условие равновесия сразу записано через напряжение. Так как есть словесное указание на силу, действующую со стороны электростатического поля, то недостаток оценен как пропущенный логический важный шаг в преобразованиях. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 5.4 (0 баллов)

<p>$d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$</p> <p>$E = 10^4 \text{ В/м}$</p> <p>$q = -8 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$</p> <p>$m = ?$</p>	<p>т.к. камень заряжен отрицательно, то $F_{\text{эл}}$ будет направлена вверх, а сила тяжести вниз. Скорость будет постоянной, если $F_{\text{эл}} = F_{\text{тяж}}$</p> <p>$E = \frac{F_{\text{эл}}}{ q } \Rightarrow F_{\text{эл}} = E q$</p> <p>$E q = mg \Rightarrow m = \frac{E q }{g}; m = \frac{10^4 \cdot 8 \cdot 10^{-11}}{10} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$</p> <p>Ответ: $8 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$</p>
---	--

В условии задачи участник экзамена заменил напряжение напряженностью электростатического поля, что привело к неверному ответу. В решении отсутствует формула для связи напряжение и напряженности. Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 6

Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда равна 0 °С, начальная температура воды равна 15 °С. Исходная масса воды 1100 г. Теплоёмкостью термоса можно пренебречь. При достижении теплового равновесия в воде остаётся плавать кусочек льда. Какая масса льда растаяла в процессе перехода к тепловому равновесию?

Возможное решение	
<p>1. Так как после достижения теплового равновесия в воде всё ещё плавает лёд, то это означает, что конечная температура, установившаяся в калориметре, 0 °С.</p> <p>2. Так как потери по условию отсутствуют, то всё количество теплоты, отданное водой при охлаждении от 15 °С до 0 °С, пошло на плавление льда, имевшего температуру плавления. Запишем уравнение теплового баланса:</p> $ Q_{\text{отд}} = Q_{\text{пол}} , \text{ или}$ $cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) = \lambda m_{\text{лёд}},$ <p style="text-align: center;">откуда $m_{\text{лёд}} = \frac{cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}})}{\lambda},$</p> <p>где c и $m_{\text{вод}}$, – удельная теплоёмкость и масса воды соответственно, λ и $m_{\text{лёд}}$ – удельная теплота плавления и масса растаявшего льда, $t_{\text{гор}}$ и $t_{\text{хол}}$ – начальная и конечная температура воды.</p> <p>3. Подставив числовые значения в (2), получим искомую величину:</p> $m_{\text{лёд}} = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot (15 - 0)}{330 \cdot 10^3} = 0,21 \text{ кг} = 210 \text{ г.}$ <p>Ответ: $m_{\text{лёд}} = 210 \text{ г}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>количество теплоты, выделяющееся при остывании вещества, количество теплоты, необходимое для плавления вещества, уравнение теплового баланса</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p>	1

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.	
И (ИЛИ)	
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

Работа 6.1 (2 балла)

<p>Дано</p> <p>$t_1 = 0^\circ\text{C}$</p> <p>$t_2 = 15^\circ\text{C}$</p> <p>$m_2 = 1100 \text{ г} =$ $= 1,1 \text{ кг}$</p> <p>$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$</p> <p>$c_2 = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$</p> <p>$m_1 = ?$</p>	<p>Решение</p> <p>1) Т.к. в воде останется плавать кусочек льда, следовательно во всем - во теплота, которая уйдет при $\Delta t = (15^\circ - 0^\circ - t_2)$ было столько льду</p> <p>Q_1 - во теплота при охлаждении воды от 15° до нуля</p> <p>$Q_1 = c_2 m_2 / \Delta t = 4200 \cdot 1,1 \cdot (15 - 0)$ $= 69300 \text{ Дж}$</p> <p>$Q_2 = \lambda m$, Q_2 - во теплота, которая ушла на таяние льда $Q_1 = Q_2$</p> <p>m - масса растопившегося льда</p> <p>$m = \frac{Q_2}{\lambda} = \frac{Q_1}{\lambda} = \frac{69300}{3,3 \cdot 10^5} = 0,21 \text{ кг}$</p> <p>Отв: $0,21 \text{ кг}$</p>
--	--

Представлено полное верное решение «по частям». Вместо уравнения теплового баланса есть словесное указание на равенство соответствующих количеств теплоты. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 6.2 (2 балла)

<p>Дано:</p> <p>$t_{\lambda 0} = 0^\circ\text{C}$</p> <p>$t_{\rho 0} = 15^\circ\text{C}$</p> <p>$m_{\rho} = 1,1 \text{ кг}$</p> <p>$\Delta m_{\lambda} = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>Т.к. при достижении теплового равн. в воде остаётся плавать кусочек льда, то конечная температура $t_k = 0^\circ\text{C}$</p> <p>1) $Q = c_{\rho} m_{\rho} \Delta t$, где c_{ρ} - удельная теплоёмкость воды; $Q = \cancel{c_{\lambda}} L \Delta m_{\lambda}$, где L - удельная теплота плавления льда, тогда $c_{\rho} m_{\rho} \Delta t = L \Delta m_{\lambda}$</p> $\Delta m = \frac{c_{\rho} m_{\rho} \Delta t}{L} = \frac{4200 \cdot 1,1 \cdot (15-0)}{3,3 \cdot 10^5} = \frac{4200 \cdot 1,1 \cdot 15}{3,3 \cdot 10^5} = 0,21 \text{ кг}$ <p>Ответ: $\Delta m_{\lambda} = 0,21 \text{ кг}$</p>
---	---

Представлено полное верное решение, включая все необходимые формулы, преобразования и расчеты. Получен верный ответ, приведены указания на вновь вводимые величины (хотя в этом случае для справочных величин это не требуется). Работа оценивается в 2 балла.

Работа 6.3 (1 балл)

<p>Дано:</p> <p>$t_{1n} = 0^\circ\text{C}$</p> <p>$t_{1B} = 15^\circ\text{C}$</p> <p>$m_{\rho} = 1,1 \text{ кг}$</p> <p>$m_{\lambda 2} = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>1) Для достижения теплового равновесия температура воды станет равной температуре льда $t_{B2} = t_{1n} = 0^\circ\text{C}$</p> <p>2) $Q_{\text{отд}} = Q_{\text{пол}}$</p> <p>$c_{\rho} m_{\rho} (t_{1n} - t_{B1}) = c_{\lambda} m_{\lambda 2} (t_{1n} - t_{B2}) + \lambda m_{\lambda 2}$, где λ удельная теплота плавления</p> <p>$c_{\rho} m_{\rho} (t_{1n} - t_{B1}) = m_{\lambda 2} (c_{\lambda} (t_{1n} - t_{B2}) + \lambda)$</p> $m_{\lambda 2} = \frac{c_{\rho} m_{\rho} (t_{1n} - t_{B1})}{c_{\lambda} (t_{1n} - t_{B2}) + \lambda} = \frac{4200 \cdot 1,1 \cdot (0-15)}{2100 \cdot 0 + 2,3 \cdot 10^6} = 0,03 \text{ кг}$ <p>Ответ: $0,03 \text{ кг}$</p>
---	---

В решении приведены все необходимые формулы, используется дополнительная формула для нагревания льда, но экзаменуемый показывает, что эта величина равна нулю. Допущена ошибка в расчетах: вместо удельной теплоты плавления используется удельная теплота парообразования. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 6.4 (0 баллов)

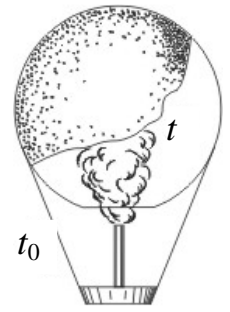
<p>Дано</p> <p>$T_{0A} = 273\text{K}$</p> <p>$T_{0B} = 288\text{K}$</p> <p>$m_{0B} = 1,1\text{kg}$</p> <p>$m_A = ?$</p>	<p>Решение</p> <p>$Q = cm\Delta t; T_{cp} = \frac{T_2 + T_1}{2}$</p> <p>$T_{cp} = \frac{273\text{K} + 288\text{K}}{2} = 280,5\text{K}$</p> <p>$Q_{в.1} = 4,2 \cdot 10^3 \cdot 1,1\text{kg} \cdot 7,5\text{K} = 34650\text{ Дж}$</p> <p>$Q_{л} = 2,1 \cdot 10^3 \text{ кДж} \cdot (-7,5\text{K}) \cdot m = 15750\text{ м Дж}$</p> <p>$34650\text{ Дж} = 15750\text{ м Дж}$</p> <p>$m = \frac{34650\text{ Дж}}{15750} = 2,2\text{ кг}$</p> <p>Ответ: 2,2 кг</p>
---	---

В общем виде приведена только формула для количества теплоты, выделяемого водой при остывании. Отсутствуют две формулы, необходимые для решения задачи. Работа оценивается в 0 баллов.

3.3. Примеры оценивания ответов на задания 24 и 25

Задание 1

Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объём $V = 230$ м³, 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.



Возможное решение	
<p>Условие подъёма шара: $F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg$,</p> <p>где M – масса оболочки, m – масса воздуха внутри оболочки, отсюда $\rho_0 g V \geq Mg + \rho g V \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V$,</p> <p>Где ρ_0 – плотность окружающего воздуха, ρ – плотность воздуха внутри оболочки, V – объём шара.</p> <p>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.</p> $\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{\min}} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{T_0} - \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V},$ $T_{\min} = T_0 \frac{p \mu V}{p \mu V - M R T_0} = 273 \cdot \frac{10^5 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \cdot 230}{10^5 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \cdot 230 - 145 \cdot 8,31 \cdot 273} \approx 538 \text{ К} = 265^\circ\text{C}.$ <p>Ответ: $t = 265^\circ\text{C}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражение для силы Архимеда, связь массы и плотности, уравнение Менделеева – Клапейрона</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p>	2

<p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Работа 1.1 (3 балла)

Дано:

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

Считая, что объём оболочки пренебрежимо мал, пишем уравнения равновесия шара в момент подъёма шара:

$$Mg + m_1 g = m_2 g$$

$$M + m_1 = m_2$$

$t = ?$

m_1 - масса порчено воздуха
 m_2 - масса вытесненного холодного воздуха.
 для нахождения m_1 и m_2 используем газовую закон:

$$P \cdot V = \frac{m_1 \cdot R \cdot T}{\mu}$$

$$m_1 = \frac{P \cdot V \cdot \mu}{R \cdot T}$$

$$P \cdot V = \frac{m_2 \cdot R \cdot T_0}{\mu}$$

$$m_2 = \frac{P \cdot V \cdot \mu}{R \cdot T_0}$$

$$\frac{M + P \cdot V \cdot \mu}{R \cdot T} = \frac{P \cdot V \cdot \mu}{R \cdot T_0}$$

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

$$= \frac{10^5 \cdot 230 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \cdot 273}{10^5 \cdot 230 \cdot 29 \cdot 10^{-3} - 273 \cdot 145 \cdot 8,31} = 538,7 \text{ К}$$

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

Ответ: $t = 266^\circ \text{C}$.

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

Работа 1.2 (2 балла)

$$Mg \vec{e}_y + m_1 g \vec{e}_y + F_{\text{арх}} \vec{e}_y = 0; \rho_0 g V = M g + m_1 g$$

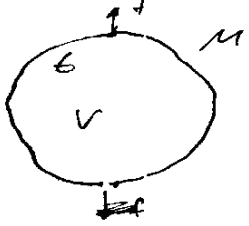
$$PV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow m = \frac{PV\mu}{RT}; \rho_0 = \frac{P\mu}{RT_0}$$

$$\frac{P \cdot \mu \cdot V}{RT_0} = M + \frac{PV\mu}{RT} \Rightarrow t = \frac{PV\mu}{R \left(\frac{P \cdot \mu \cdot V}{RT_0} - M \right)} - 273$$

μ - молярная масса воздуха.

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

Работа 1.3 (1 балл)

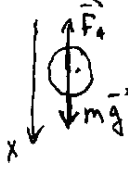


Дано: $M = 145 \text{ кг}$, $V = 230 \text{ м}^3$, $t = -0^\circ\text{C}$,
 Найти: $t = ?$
 Решение: Числовые значения шара.
 $mg = f_A + f$, $f_A = \rho_0 g V$
 ~~$\rho_0 = \frac{p_0 R T}{V} = \frac{\rho_0 R T_0}{M_0}$~~ $\rho_0 = \frac{\rho_0 M_0}{R T_0}$
 $mg = \frac{\rho_0 M_0 g V}{R T_0} + f$ $f = f(t)$ Так найдем t

Верно записаны два исходных уравнения. В условии равновесия для воздушного шара допущена ошибка. Таким образом, 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.

Работа 1.4 (1 балл)

$M = 175 \text{ кг}$
 $V = 230 \text{ м}^3$
 $p_A, T_0 = 273^\circ\text{K}$
 $t = ?$



$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_A$ $\vec{x} = 0$ (ускорение = 0)
 $m\ddot{x} = mg - F_A$ $mg = \rho_0 g V$ $\rho_0 = \frac{m}{V}$ (1)

$pV = \nu RT$
 $pM = \rho_0 R T_0$ - при $T = 0^\circ\text{C}$
 ρ_0 - плотности при $T = 0^\circ\text{C}$ и $\rho = 1.29 \text{ кг/м}^3$
 $\frac{pM}{R} = \rho_0 T_0$ $\frac{pM}{R} = \rho T_1$
 $\rho_0 T_0 = \rho T_1$
 (2) $\rho_1 = \frac{\rho_0 T_0}{T_1}$ - плотность воздуха при $T = T_1$

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

$\frac{M}{V} = \frac{\rho_0 T_0}{T_1}$ $\frac{m}{V} = \frac{\rho_0 T_0}{T_1}$ $T_1 = \frac{\rho_0 V_0 T_0}{m}$ (4)
 $T_1 = \frac{10^3 \cdot 1.29 \cdot 10^{-3} \cdot 230}{8.31 \cdot 145} = \frac{6670 \cdot 10^2}{1285} \approx 430^\circ\text{K}$

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

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

Работа 1.5 (0 баллов)

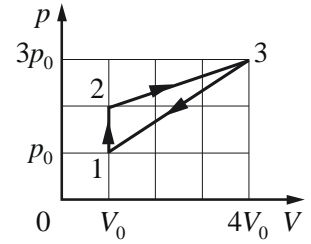
$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow T = \frac{p \cdot V}{R \cdot \frac{m}{M}} = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot m}$$
$$T = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 230 \text{ м}^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 145 \text{ кг}} = \frac{7360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

Ответ: 338 °C.

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

Задание 2

В цикле, показанном на pV -диаграмме, $\nu=4$ моль разреженного гелия получает от нагревателя количество теплоты $Q_{\text{нагр}} = 120$ кДж. Найдите температуру T_2 гелия в состоянии 2.



Возможное решение

1. Согласно графику цикла гелий получает положительное количество теплоты от нагревателя на участках 1–2 и 2–3. При этом процесс 1–2 является изохорическим и газ работы не совершает. В соответствии с первым началом термодинамики, формулой для внутренней энергии одноатомного идеального газа $\left(U = \frac{3}{2} \nu RT \right)$, графическим способом определения работы газа и уравнением Клапейрона – Менделеева ($pV = \nu RT$) получим:

$$\begin{aligned} Q_{\text{нагр}} &= Q_{12} + Q_{23} = (U_3 - U_1) + A_{23} = \\ &= \left(\frac{3}{2} \nu RT_3 - \frac{3}{2} \nu RT_1 \right) + \frac{1}{2} (2p_0 + 3p_0)(4V_0 - V_0) = \\ &= \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1) + \frac{15}{2} p_0 V_0 = \frac{3}{2} (12p_0 V_0 - p_0 V_0) + \frac{15}{2} p_0 V_0 = 24p_0 V_0. \end{aligned}$$

2. Согласно графику цикла $\nu RT_2 = 2p_0 V_0$, откуда:

$$T_2 = \frac{2p_0 V_0}{\nu R} = \frac{Q_{\text{нагр}}}{12\nu R} = \frac{120 \cdot 10^3}{12 \cdot 4 \cdot 8,31} \approx 301 \text{ К.}$$

Ответ: $T_2 \approx 301 \text{ К}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>определение работы газа по графику, уравнение Клапейрона – Менделеева, выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа, первое начало термодинамики</u>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p>	2

<p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Работа 2.1 (3 балла)

Дано: $\nu = 4$ моль
 $Q_{\text{нагр}} = 120 \text{ кДж}$
 $T_2 = ?$

К газу подают тепло на участках 12 и 23.

Запишем первое начало термодинамики:
 $Q_{\text{нагр}} = A + \Delta U \quad (1)$

$A = A_{12} + A_{23}; \quad \Delta U = U_3 - U_1.$

Найдем U_3 и U_1 : $U = \frac{3}{2} pV$ (так как гелий — одноатомный газ) $\Rightarrow U_1 = \frac{3}{2} P_0 V_0; U_3 = \frac{3}{2} \cdot 3P_0 \cdot 4V_0 = 18P_0 V_0.$

Найдем A_{12} и A_{23} : так как работа равна площади под графиком в PV координатах:
 $A_{12} = 0 \quad A_{23} = \frac{(P_2 + P_3)}{2} \cdot (4V_0 - V_0)$ (по формуле площади трапеции) $\Rightarrow A_{23} = 2,5P_0 \cdot 3V_0 = 7,5P_0 V_0.$

Подставим полученные значения в (1)
 $Q_{\text{нагр}} = 7,5P_0 V_0 + (U_3 - U_1) = 7,5P_0 V_0 + 16,5P_0 V_0 = 24P_0 V_0$
 откуда $P_0 V_0 = \frac{Q_{\text{нагр}}}{24} \quad (2).$ Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для состояния 2:

$P_2 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{2P_0 V_0}{\nu R} \quad (3).$ Подставим (2) в (3): $T_2 = \frac{Q_{\text{нагр}}}{12 \nu R} = \frac{120000}{12 \cdot 4 \cdot 4,31} = 300,8 \text{ К} \approx 301 \text{ К}$

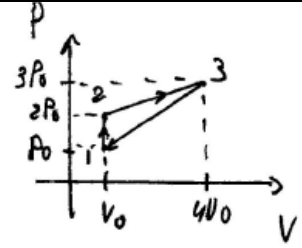
Ответ: $T_2 = 301 \text{ К}$

Приведено полностью верное решение с пояснениями, верные математические преобразования и расчеты, получен верный ответ. Работа оценивается в 3 балла.

Работа 2.2 (2 балла)

Дано:
 $\nu = 4 \text{ моль}$
 $Q_H = 120 \text{ кДж}$
 $T_2 = ?$

из графика видно, что



1) $Q_H = Q_{12} + Q_{23}$
 $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$
 $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$

$A_{12} = 0$, т.к. $\Delta V = 0$
 (12-43000000)

$$\begin{cases} Q_H = Q_{12} + Q_{23} \\ Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \\ Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + A_{23} \\ A_{23} = \frac{2P_0 + 3P_0}{2} \cdot (4V_0 - V_0) = \frac{15P_0V_0}{2} \end{cases} \Rightarrow Q_H = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \frac{15P_0V_0}{2}$$

2)
$$\begin{cases} \frac{P_0V_0}{T_1} = \frac{2P_0V_0}{T_2} \\ \frac{2P_0V_0}{T_2} = \frac{3P_0 \cdot 4V_0}{T_3} \\ P_0V_0 = \nu R T_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = \frac{T_2}{2} \\ T_3 = 6T_2 \\ P_0V_0 = \frac{\nu R T_2}{2} \end{cases} \Rightarrow Q_H = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - \frac{T_2}{2}) + \frac{3}{2} \nu R (6T_2 - T_2) + \frac{15 \cdot \nu R T_2}{2}$$

3)
$$Q_H = \frac{3}{2} \nu R (\frac{T_2}{2}) + \frac{3}{2} \nu R \cdot 5T_2 + \frac{15 \nu R T_2}{2}$$

$$2Q_H = 3 \nu R (\frac{T_2}{2} + 5T_2 + 5T_2) \quad T_2 = \frac{2Q_H}{3 \nu R \cdot 10,5} = \frac{2 \cdot 120 \cdot 10^3}{3 \cdot 4 \cdot 8,3 \cdot 10,5}$$

$$2Q_H = 3 \nu R \cdot 10,5 T_2$$

$$= \frac{240.000}{3 \cdot 4 \cdot 8,3 \cdot 10,5} \approx \frac{20000}{8,3 \cdot 10,5} \approx 230 \text{ K}$$

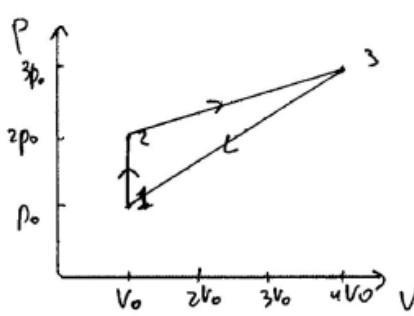
Ответ: 230 K

Приведены все необходимые формулы для решения задачи, но в процессе математических преобразований при получении формулы п.3 допущена ошибка в определении работы на участке 2–3. Допущенная математическая ошибка привела к неверному числовому ответу. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 2.3 (1 балл)

Дано: $\nu = 4 \text{ моль}$
 $Q_{\text{нагр}} = 120 \text{ кДж}$
 Найти: T_2

Решение



~~Используем формулу~~
 В этой задаче используем формулу $Q = \Delta U + A$, а также ур-е Менделеева-Клапейрона $pV = \nu R T$

1) $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$ Т.к. процесс $1 \rightarrow 2$ изохорный, то $A_{12} = 0$
 $\Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu V_0 (2p_0 - p_0) = \frac{3}{2} p_0 V_0$

2) $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 4V_0 - 2p_0 \cdot V_0) + (3p_0 \cdot 4V_0 - 2p_0 V_0) =$
 $= \frac{5}{2} \cdot 10 p_0 V_0$

3) $Q_{\text{нагр}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} p_0 V_0 + \frac{5}{2} \cdot 10 p_0 V_0 = 120 \cdot 10^3$
 $\Rightarrow p_0 V_0 \cdot \frac{53}{2} = 120 \cdot 10^3 \Rightarrow p_0 V_0 \approx 4528,3$

4) По уравнению Менделеева-Клапейрона для газа в состоянии 2:
 $2p_0 V_0 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{2p_0 V_0}{\nu R} = \frac{2 \cdot 4528,3}{2,31 \cdot 4} \approx 272,46 \text{ К}$

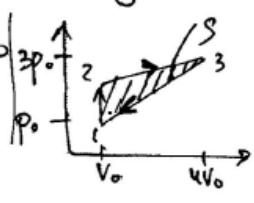
Ответ: 272,46 К

Правильно записаны первое начало термодинамики, формулы для определения внутренней энергии и уравнение Клапейрона–Менделеева. Допущена ошибка в определении работы на участке 2–3 по графику, что привело к неверному ответу. Ошибку в записи уравнения Клапейрона–Менделеева в начале решения можно считать опечаткой или лишней записью, так как затем формула приведена в верной записи. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 2.4 (0 баллов)

1) $\Delta U = 0$ за весь цикл (1-2-3-1)
 $= A + Q_+ - Q_-$
 A - работа газа, Q_+ - полученное тепло, Q_- - отданное тепло

2) $A = \frac{p_0 + 2p_0}{2} \cdot 3V_0 - \frac{2p_0}{2} \cdot 3V_0$
 площадь S



$A = \frac{9}{2} p_0 V_0 - 3V_0 p_0$
 $A = \frac{3}{2} p_0 V_0$

3) Q_- на участке 1-3 (уменьшение объема)
 $Q_- = \Delta U_{1-3} + A_{1-3}$
 $\Delta U = \frac{5}{2} k (T_3 - T_1) = \frac{p_0 + 3p_0}{2} \cdot 3V_0$
 ~~$T_1 = p_0 V_0 = \nu R T_1$~~ $3p_0 \cdot 4V_0 = \nu R T_3$

$T_1 - T_3 = \frac{1}{\nu R} (p_0 V_0 - 12p_0 V_0) = -11 \frac{p_0 V_0}{\nu R}$
 $Q_- = (-11 \frac{p_0 V_0}{\nu R}) \cdot \frac{5}{2} k + 6p_0 V_0$
 $Q_- = -p_0 V_0 (11 \cdot \frac{3}{2} k \cdot \frac{1}{\nu R} + 6)$

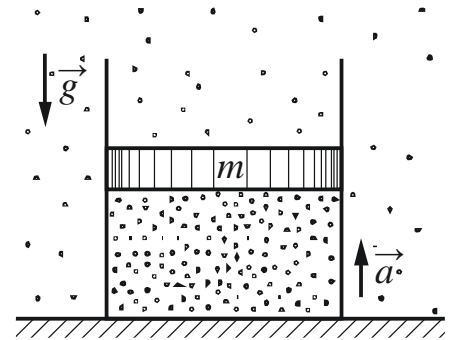
4) $Q_+ = \frac{3}{2} p_0 V_0 + p_0 V_0 (11 \cdot \frac{3}{2} k \cdot \frac{1}{\nu R} + 6)$
 $Q_+ = p_0 V_0 (\frac{3}{2} + 11 \cdot \frac{3}{2} k \cdot \frac{1}{\nu R} + 6)$
 $T = \frac{2p_0 V_0}{\nu R} = \frac{2Q_+}{\frac{3}{2} \nu R + 11 \cdot \frac{3}{2} k + 6 \nu R} = \frac{2 \cdot 120 \text{ Дж}}{4,5 \cdot 4 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}} + 11 \cdot \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}} = 962,7 \text{ К}$

Ответ: 962,7 К.

В приведенном решении отсутствуют формулы, необходимые для решения задачи. Приведенные формулы не позволяют получить ответ задачи. Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 3

В вертикальном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками под подвижным поршнем массой 10 кг и площадью поперечного сечения 50 см² находится разреженный газ (см. рисунок). При движении сосуда по вертикали с ускорением, направленным вверх и равным по модулю 1 м/с², высота столба газа под поршнем постоянна и на 5% меньше, чем в покоящемся сосуде. Считая температуру газа под поршнем неизменной, а наружное давление постоянным, определите внешнее давление. Масса газа под поршнем постоянна.



Возможное решение

1. Запишем в инерциальной системе отсчёта второй закон Ньютона для неподвижного поршня в неподвижном сосуде:

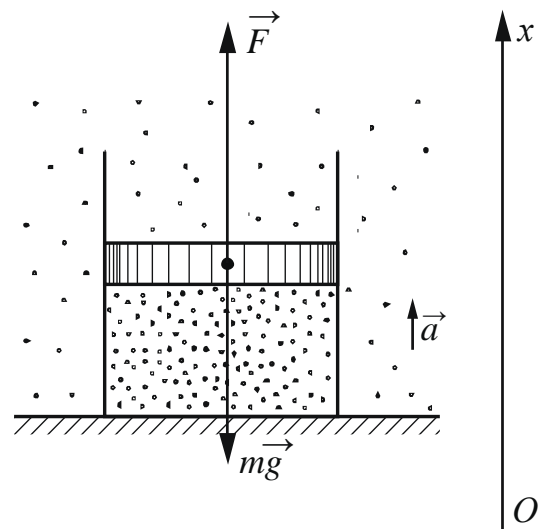
$$(p_1 - p_0)S - mg = 0,$$

где m – масса поршня, S – площадь его поперечного сечения, p_0 – внешнее давление, p_1 – давление газа под поршнем в покоящемся сосуде.

2. В проекциях на ось Ox второй закон Ньютона для поршня, неподвижного относительно сосуда, движущегося с ускорением \vec{a} :

$$(p_2 - p_0)S - mg = ma, \quad \text{где } p_2 -$$

давление газа в сосуде, движущемся с ускорением. При этом результирующая сила давления $F = (p_2 - p_0)S$ (см. рисунок).



3. По закону Бойля – Мариотта для газа под поршнем имеем:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_1 S h_1 = p_2 S h_2 \Rightarrow p_1 = p_2 (1 - \eta),$$

где h_1 и h_2 – начальная и конечная высоты столба газа под поршнем соответственно, а

$$\eta = \frac{h_1 - h_2}{h_1} - \text{относительное изменение высоты столба газа.}$$

4. Решая систему уравнений

$$\begin{cases} p_1 S = p_0 S + mg; \\ p_2 S = p_0 S + mg + ma; \\ p_1 = p_2 (1 - \eta), \end{cases}$$

получим выражение для внешнего давления:

$$p_0 = \frac{m}{\eta S} \{ (1 - \eta)a - \eta g \} = \frac{10}{0,05 \cdot 50 \cdot 10^{-4}} \cdot (0,95 \cdot 1 - 0,05 \cdot 10) = 18 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

Ответ: $p_0 = 18 \cdot 10^3 \text{ Па} = 18 \text{ кПа}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона для поршня в неподвижном и движущемся сосудах, закон Бойля – Мариотта, связь силы и давления</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

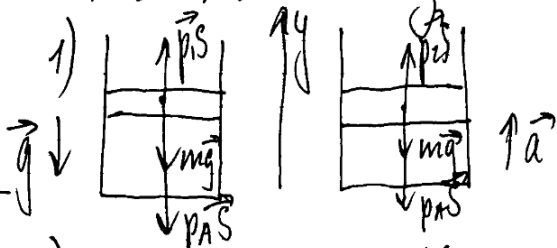
Работа 3.1 (3 балла)

(27) Дано:

- $T = \text{const}$
- $m_2 = \text{const}$
- $M = 10 \text{ кг}$
- $S = 50 \text{ см}^2$
- $a = 1 \text{ см/с}^2$
- $\kappa_2 = 0,95 \kappa_1$
- $p_A = \text{const}$
- $p_A = ?$

p_A - наружное давление
 p_1 - давление газа в покоящемся сосуде
 p_2 - давление газа при движении сосуда.
 m_2 - масса газа.

V - объем газа в покоящемся сосуде
 V_2 - в движущемся



1) по II закону Ньютона:

$$\vec{p}_1 S + \vec{m}g + \vec{p}_A S = 0$$

у: $p_1 S - mg - p_A S = 0$

2) по II закону Ньютона: $\vec{p}_2 S + \vec{m}g + \vec{p}_A S = m\vec{a}$

$$y: p_2 S - mg - p_A S = ma$$

$$(1) p_1 V = \nu RT$$

$$(2) p_2 V_2 = \nu RT$$

$$(1): (2) \frac{p_1 V}{p_2 V_2} = 1$$

уравнения Менделеева-Клапейрона
для двух состояний

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V} = \frac{S h_2}{S h_1} = \frac{S \cdot 0,95 h_1}{S h_1} = 0,95$$

$$p_1 = 0,95 p_2 \quad (*)$$

$$(*) \text{ в } (v) \begin{cases} 0,95 p_2 S - mg - p_A S = 0 & (4) \\ p_2 S - mg - p_A S = ma & (3) \end{cases}$$

$$\text{из } (3) \quad p_2 S = mg + p_A S + ma$$

$$(3) \text{ в } (4) \quad 0,95(mg + p_A S + ma) - mg - p_A S = 0.$$

$$0,95mg + 0,95 p_A S + 0,95ma - mg - p_A S = 0.$$

$$-0,05mg - 0,05 p_A S + 0,95ma = 0.$$

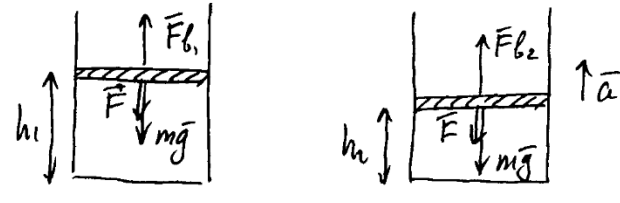
$$\frac{0,95ma - 0,05mg}{0,05S} = p_A$$

$$p_A = \frac{0,95 \cdot 10 \cdot 1 - 0,05 \cdot 10 \cdot 10}{0,05 \cdot 50 \cdot 10^{-4}} = 18000 \text{ Па}$$

Ответ: 18000 Па

Приведено полностью верное решение с пояснениями, верные математические преобразования и расчеты, получен верный ответ. Работа оценивается в 3 балла.

Работа 3.2 (2 балла)

<p>27. Дано: $m = 10 \text{ кг}$ $S = 50 \text{ см}^2$ $\alpha = 1 \text{ м/с}^2$ $h \downarrow \text{ на } 5\%$ $T = \text{const}$ $M = \text{const}$ $P = ?$</p>	<p>Решение: рассмотрим какие силы действуют на поршень</p> 	<p>F - сила внешнего давления F_{b1} - сила давления газа на поршень до движения сосуда F_{b2} - сила давления газа на поршень во время движения сосуда</p>
$F_{b1} = P_1 S$ $P_1 = \frac{\gamma R \Delta T}{V_1} = \frac{\gamma R \Delta T}{S h_1}$ $P_2 = \frac{\gamma R \Delta T}{V_2} = \frac{\gamma R \Delta T}{S h_2} = \frac{\gamma R \Delta T}{0,95 h_1 S} = \frac{20}{19} P_1$		
<p>см лист 2</p>		

по второму закону Ньютона $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

до движения: $m\vec{g} + \vec{F} - \vec{F}_{b1} = 0$ т.к. ускорения нет
 $m\vec{g} + F = F_{b1}$
 $m\vec{g} + PS = P_1 S$, где P - внешнее давление

во время движения: $m\vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_{b2} = m\vec{a}$
 ~~$m\vec{g} + m\vec{a} = PS + P_2 S$~~
 $m\vec{g} + m\vec{a} + PS = P_2 S$
 $19m\vec{g} + 19m\vec{a} + PS = \frac{20}{19} P_1 S$
 $m(g+a) + PS = \frac{20}{19} (mg + PS)$
 $19mg + 19ma + 19PS = 20mg + 20PS$
 $PS = 19ma - mg = m(19a - g) \Rightarrow P = \frac{m(19a - g)}{S}$
 $= \frac{10(19 - 10)}{50 \cdot 10^{-4}} = 1,8 \cdot 10^5 \text{ Па} = \cancel{0,18 \text{ МПа}} = 0,18 \text{ МПа}$

Ответ: 0,18 МПа

Приведено полностью верное решение с пояснениями, верные математические преобразования и расчеты, но допущена ошибка при получении числового ответа. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 3.3 (2 балла)

Дано:

$m_n = 10 \text{ кг}$

$S = 50 \text{ см}^2 = 0,005 \text{ м}^2$

$\alpha = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$h_1 = 0,95 h_0$

$T = \text{const}$

$p_{\text{ен}} = ?$

№27

Решение:

используем;

0 - ноль

1 - с а

$p_{\text{гидр}0} = p_{\text{гидр}0} + p_{\text{ен}}$

$p_{\text{гидр}1} = p_{\text{гидр}1} + p_{\text{ен}}$

$p_2 V = \text{const}$

$V = S h$

$p_0 V_0 = p_1 V_1$

$p_0 S \cdot h_0 = p_1 S \cdot 0,95 h_0$

$p_0 = 0,95 p_1$

$\begin{cases} 0,95 p_1 = p_0 + p_{\text{ен}} \\ p_1 = p_{n1} + p_{\text{ен}} \end{cases} \quad \begin{cases} p_1 = \frac{100}{95} (p_0 + p_{\text{ен}}) \\ p_1 = p_{n1} + p_{\text{ен}} \end{cases}$

$\frac{100}{95} p_0 + \frac{100}{95} p_{\text{ен}} = p_{n1} + p_{\text{ен}}$

$\frac{10}{95} p_{\text{ен}} = p_{n1} - \frac{100}{95} p_0$

$p_{\text{ен}} = \frac{95 (p_{n1} - \frac{100}{95} p_0)}{10}$

$p_{n0} = \frac{10 \cdot 10}{0,005} = 20000 \text{ Па}$

$p_{n1} = \frac{10 \cdot (10+1)}{0,005} = 22000 \text{ Па}$

$p_{\text{ен}} = \frac{95 \cdot (22000 - \frac{20}{95} \cdot 20000)}{10} = 18000 \text{ Па}$

Ответ 18000 Па

Приведено полностью верное решение, верные математические преобразования и расчеты, но используются некорректные обозначения физических величин. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 3.4 (1 балл)

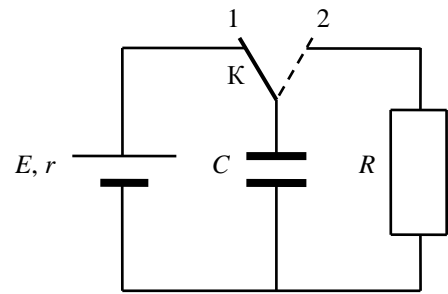
<p>Дано:</p> <p>$m = 10 \text{ кг}$</p> <p>$S_{\text{пл.}} = 50 \text{ см}^2$</p> <p>$a = 1 \text{ м/с}^2$</p> <p>$h = 0,95 \text{ Н}$</p> <p>$m_{\text{возд}} = \text{const}$</p> <p>$T = \text{const}$</p>	<p>СМ:</p> <p>$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$</p>	<p>Решение:</p> <p>1. При движении сосуда:</p> $\begin{cases} P_{\text{вн.}} = \rho g h = \rho g \cdot 0,95 H \\ P_{\text{вн.}} = P_{\text{внеш}} + \frac{m(g+a)}{S} \end{cases}$ <p>2. В состоянии покоя:</p> $\begin{cases} P_{\text{вн.}} = \rho g H \\ P_{\text{вн.}} = P_{\text{внеш}} + \frac{mg}{S} \end{cases}$ <p>3. Реш.</p> $\begin{cases} P_{\text{внеш}} = \frac{mg}{S} - \rho g H \\ P_{\text{внеш}} = \frac{m(g+a)}{S} - \rho g \cdot 0,95 H \end{cases}$ <p>$\Rightarrow P_{\text{внеш}} = \frac{m(g+a)}{S} - 0,95 \left(\frac{mg}{S} - P_{\text{внеш}} \right)$</p> $P_{\text{внеш}} = \frac{mg}{S} - \frac{0,95mg}{S} + \frac{ma}{S} + 0,95 P_{\text{внеш}}$ $0,05 P_{\text{внеш}} = \frac{(0,05g + a)m}{S} \Rightarrow P_{\text{внеш}} = \frac{(0,05g + a)m}{0,05S}$ <p>4. $P_{\text{внеш}} = \frac{(0,05 \cdot 10 \text{ м/с}^2 + 1 \text{ м/с}^2) \cdot 10 \text{ кг}}{5 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 0,06 \cdot 10^6 \text{ Па}$</p> <p>$P_{\text{внеш}} = 60 \text{ кПа}$</p> <p>Ответ: 60 кПа</p>
--	--	---

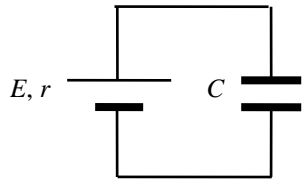
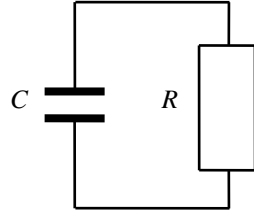
27

Приведены исходные формулы, преобразования и расчеты. В одной из исходных формул (при определении давления) допущена ошибка. Работа оценивается в 1 балл.

Задание 4

В схеме, показанной на рисунке, ключ К долгое время находился в положении 1. В момент $t_0 = 0$ ключ перевели в положение 2. К моменту $t > 0$ на резисторе R выделилось количество теплоты $Q = 25$ мкДж. Сила тока в цепи I в этот момент равна $0,1$ мА. Чему равно сопротивление резистора R ? ЭДС батареи $E = 15$ В, её внутреннее сопротивление $r = 30$ Ом, ёмкость конденсатора $C = 0,4$ мкФ. Потерями на электромагнитное излучение пренебречь.



Возможное решение	
<p>1. К моменту $t_0 = 0$ конденсатор полностью заряжен, ток в левой части схемы (см. рисунок) равен нулю, поэтому напряжение между обкладками конденсатора равно ЭДС E, энергия конденсатора $W_0 = \frac{CE^2}{2}$.</p> <p>2. В момент $t > 0$ напряжение на конденсаторе U равно напряжению IR на резисторе в правой части схемы (см. рисунок). В этот момент энергия конденсатора $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2}$.</p> <p>3. Пренебрегая потерями на излучение, получаем баланс энергии:</p> $W_0 = W + Q, \text{ или } \frac{CE^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2} + Q,$ <p>откуда</p> $R = \frac{1}{I} \sqrt{E^2 - \frac{2Q}{C}} = \frac{1}{10^{-4}} \sqrt{15^2 - \frac{2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6}}} = 100 \text{ кОм}$ <p>Ответ: $R = 100$ кОм</p>	 
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон Ома для участка цепи, формула для энергии конденсатора, закон сохранения энергии</u>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p>	2

<p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>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>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
Максимальный балл	
	3

Работа 4.1 (3 балла)

$t=0$ конденсатор заряжен.

В момент переключения \rightarrow конденсатор максимален
~~предмет~~ на резистор падает ток от конденсатора

$Q = 75 \text{ мкКл}$ | $W_{K1} = \frac{CE^2}{2}$ - зарядом конденсатор

$I = 0,1 \text{ А}$ | $W_{K2} = \frac{C\mathcal{U}^2}{2}$ - энергия в момент времени t

$E = 25 \text{ В}$ | по закону сохранения энергии.

$C = 0,4 \text{ мкФ}$ | $W_{K1} = Q + W_{K2}$ | $\mathcal{U}^2 = \frac{2 \cdot 99 \cdot 10^{-6} \cdot 25^2 - 2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6}} = \frac{40}{0,4} = 100$

$R = 7 \text{ Ом}$ | $\frac{CE^2}{2} = Q + \frac{C\mathcal{U}^2}{2}$ | $\mathcal{U} = 10$
по закону Ома

$R = 10^5 \text{ Ом}$ | $\mathcal{U}^2 = \frac{2 \cdot (CE^2 - Q)}{C}$ | $I = \frac{\mathcal{U}}{R}$ | $R = \frac{\mathcal{U}}{I} = \frac{10}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 10^5$

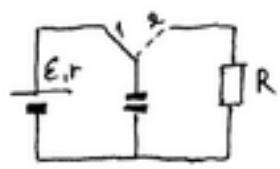
Полностью верное решение задачи. Работа оценивается 3 баллами.

Работа 4.2 (3 балла)

<p>Дано:</p> <p>$Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$</p> <p>$I = 0,1 \text{ мА}$</p> <p>$\mathcal{E} = 15 \text{ В}$</p> <p>$r = 30 \text{ Ом}$</p> <p>$C = 0,4 \text{ мкФ}$</p> <p>$R = ?$</p>	<p>$P_{\text{к}}$</p> <p>$25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$</p> <p>$0,1 \cdot 10^{-3}$</p> <p>$0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$</p>	<p>Решение: 1) Когда ключ в положении 1 ток через конденсатор не проходит, на нем накапливается заряд, найдем его $W_{\text{к}} = \frac{CU^2}{2}$, где $U = \mathcal{E}$; $W_{\text{к}} = \frac{CE^2}{2} = \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 225}{2} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$</p> <p>2) После переключения ключа в положение 2, энергия на конденсаторе пойдет на резистор R, часть энергии уйдет на нагревание. Найдем ту, что осталась $W = W_{\text{к}} - Q = 4,5 \cdot 10^{-5} - 25 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$.</p> <p>3) Найдем энергию на резисторе, используя найденное сопротивление. $W = \frac{CU^2}{2}$, где $U = \sqrt{\frac{2W}{C}}$ и по закону Ома где у нас есть $I = \frac{U}{R}$, где $R = \frac{U}{I}$</p> <p>$U = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot 2}{0,4 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{100} = 10 \text{ В}$, тогда $R = \frac{10 \text{ В}}{0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 1 \cdot 10^5 \text{ Ом}$.</p> <p>Ответ: $R_{\text{резистора}} = 10^5 \text{ Ом}$.</p>
--	--	---

Полностью верное решение задачи, проведенное «по частям», с промежуточными вычислениями. Работа оценивается 3 баллами.

Работа 4.3 (2 балла)

<p>Дано</p> <p>$Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$</p> <p>$\mathcal{E} = 15 \text{ В}$</p> <p>$r = 30 \text{ Ом}$</p> <p>$I = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$</p> <p>$C = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$</p> <p>$R = ?$</p>	<p>Решение:</p>  <p>① $\frac{CU^2}{2} = \frac{CE^2}{2} (U = E)$</p> <p>② $\frac{CE^2}{2} = Q + \frac{CU^2}{2} (I = 0,1 \text{ мА})$</p> <p>$CE^2 - 2Q = CU^2 \Rightarrow U = \sqrt{E^2 - \frac{2Q}{C}} = \sqrt{225 - \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{225 - 125} = 10 \text{ В}$</p> <p>$I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{10 \text{ В}}{0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 10^5 \text{ Ом} = 0,1 \text{ кОм}$</p> <p>Ответ: $R = 0,1 \text{ кОм}$</p>
--	---

Решение правильное, но в нём присутствуют три недостатка: описаны не все вновь вводимые величины, разные величины обозначены одной буквой (u) и допущена ошибка при записи окончательного ответа. Поскольку недостатки решения, каждый из которых приводит к снижению оценки на 1 балл, не суммируются, итоговый результат – 2 балла.

Работа 4.4 (1 балл)

R - ?

$Q = 25 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$
 $I = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$
 $E = 15 \text{ В}$
 $r = 30 \text{ Ом}$
 $C = 0,4 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$
 $= 4 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$

1) Т.к. до момента переключения инерция заряда в конденсаторе 2, то заряд был в конденсаторе 1, то конденсатор заряжен, $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$, т.е. $C \cdot 0,15$

2) После переключения инерция заряда 2, но заряд не успевает выделиться на конденсаторе и уходит в резистор 1 и т.д. т.е. т.е.

3) В конденсаторе инерция I , $I = \frac{Q}{R \cdot t}$; $I = \frac{Q}{t}$, т.к. R нет, $I = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ А}$
 В конденсаторе $I = 0,1 \text{ А}$
 $Q = I^2 R \cdot t$, где Q - заряд, от- заряд, в течение которого по цепи идет ток от конденсатора:
 $\frac{CE^2}{2} = \frac{C I^2 R^2}{2}$ по закону сохранения энергии
 $R = \sqrt{\frac{CE^2}{C I^2}}$; $R = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-8} \cdot 2,25}{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot (0,1)^2}} = 150 \text{ (Ом)}$
 Ответ: $R = 150 \text{ Ом}$

В решении одна из формул, необходимых для решения задачи, записана ошибочно (закон сохранения энергии). При этом присутствуют лишние записи; обозначены одной буквой величины, относящиеся к разным состояниям и не равные друг другу; описаны не все вновь вводимые величины. Более серьезная ошибка «поглощает» набор менее серьезных. Работа оценивается 1 баллом.

Работа 4.5 (0 баллов)

Дано:

$Q = 25 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$
 $I = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$
 $E = 15 \text{ В}$
 $r = 30 \text{ Ом}$
 $C = 0,4 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$

R - ?

Решение

1) $C = U \cdot I$ $I_1 = \frac{Q}{t}$ $Q = I_1 \cdot t$ $t = \frac{Q}{I_1}$
 $Q = I_2^2 R t$ $R = \frac{Q}{I_2^2 t}$ $R = \frac{U_2 \cdot Q}{I_2 \cdot C}$
 $U = I_2 \cdot R$ $\frac{U}{R} = \frac{E}{R+r}$ $U = \frac{E R}{R+r}$
 $R = \frac{E R_2 Q}{I_2 C (R_2 + r)}$

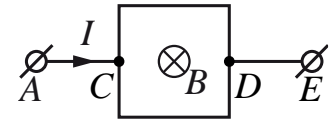
U_1, I_1 - заряд конденсатора
 U_2, I_2 - заряд в резисторе
 R_2 - сопротивление

Беспорядочный набор формул, решения нет. Работа оценивается 0 баллов.

Задание 5

В задании 3 следует обратить внимание на изменение обобщённой схемы оценивания в связи с дополнительным требованием рисунка с указанием сил, действующих на тело.

Квадратная рамка со стороной $L = 10$ см подключена к источнику постоянного тока серединами своих сторон так, как показано на рисунке. На участке AC течёт ток $I = 2$ А. Сопротивление всех сторон рамки одинаково. Найдите полную силу Ампера, которая действует на рамку в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки и по модулю $B = 0,2$ Тл. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на рамку.

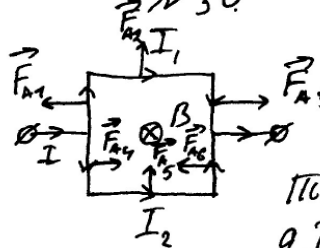


Возможное решение	
<p>1. В точке C ток I разделяется на два одинаковых по силе тока: $I_1 = \frac{I}{2}$, так как сопротивление обеих половин рамки одинаково.</p> <p>2. На каждый из участков прямого провода действует своя сила Ампера, перпендикулярная направлению тока и вектору магнитной индукции. Направление силы Ампера, действующей на проводник с током, определим по правилу левой руки (см. рисунок).</p> <p>3. Так как $F_A = I_1 B l$, где l – длина проводника, то силы, действующие на вертикальные стороны рамки, компенсируют друг друга, а силы, действующие на горизонтальные стороны, складываются, так как они сонаправлены друг другу.</p> <p>4. Окончательно получим: $F = 2F_A = 2 \cdot \frac{I}{2} B L = I B L = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,04$ Н, где L – длина стороны рамки.</p> <p>Ответ: $F = 0,04$ Н</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для силы Ампера, правило левой руки, принцип суперпозиции сил</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок, на котором указаны силы, действующие на рамку;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p>	2

И (ИЛИ)	
В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.	
И (ИЛИ)	
Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.	1
ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

Работа 5.1 (3 балла)

Дано:
 $L = 10 \text{ см.}$
 $I = 2 \text{ А}$
 $B = 0,2 \text{ Тл.}$
 $F_A = ?$



Поиск сил Ампера
 $\vec{F}_A = \vec{F}_{A1} + \vec{F}_{A2} + \vec{F}_{A3} + \vec{F}_{A4} + \vec{F}_{A5} + \vec{F}_{A6}$

т.к. F_{A1} направлено противоположно F_{A3}
 $2 I_1$, отменяется;
 F_{A4} противоположно F_{A6} , а I_2 отменяется то.

$\vec{F}_A = \vec{F}_{A2} + \vec{F}_{A5}$; т.к. F_{A2} направлено направлено в ту же сторону что F_{A5} то; $F_A = F_{A2} + F_{A5}$.

По формуле сил Ампера
 $F_A = B I L \sin \alpha$; $F_A = B I_1 L + B I_2 L = B L (I_1 + I_2)$

т.к. ~~противоположно~~ ~~направлено~~ ~~согласно~~ ~~направлено~~, то
 $I = I_1 + I_2$;
 $F_A = I B L = 0,2 \text{ Тл} \cdot 2 \text{ А} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,04 \text{ Н.}$
Ответ: $0,04 \text{ Н.}$

Приведено полное правильное решение, включая верный рисунок с указанием сил, действующих на рамку. Работа оценивается 3 баллами.

Работа 5.2 (2балла)

Дано: $L = 0,1 \text{ м}$ | $F_A = I B L \cdot \sin \alpha$
 $I = 2 \text{ А}$ |
 $B = 0,2 \text{ Тл}$ | т.к. $B \perp$, то $\sin \alpha = 1$
 $F_A = ?$

Определим F_A для каждого участка по формуле левой руки:
 для 1-2: $\vec{F}_A \uparrow$ | 1-3: $\vec{F}_A \leftarrow$ |
 3-4: $\vec{F}_A \uparrow$ | 5-3: $\vec{F}_A \rightarrow$ |
 2-6: $\vec{F}_A \rightarrow$ |
 6-4: $\vec{F}_A \leftarrow$ |

т.к. стороны рамки имеют равные противоположные, то сила тока в точке C должна равняться 4 $I_{12} = I_{34} = 1 \text{ А}$

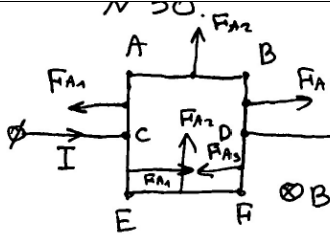
$\vec{F}_A = \vec{F}_{A1-2} + \vec{F}_{A3-4}$. т.к. токи текут в одну сторону, следовательно, а $B = \text{const}$ то $F_{A1-2} = F_{A3-4}$.

Тогда $\vec{F}_{A \text{ на } 3} = 2 \vec{F}_{A1-2} = 2 \cdot I B L = 2 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,08 \text{ Н}$
 $= 0,04 \text{ Н}$.

Ответ: $F_A = 0,04 \text{ Н}$.

Приведено верное решение задачи и получен верный ответ, но на рисунке не указаны направления действующих сил (хотя ниже для каждого участка описаны эти направления). Работа оценивается в 2 балла за недостатки в рисунке.

Работа 5.3 (2 балла)

<p>Дано:</p> <p>$l = 0,1 \text{ м};$</p> <p>$I = 2 \text{ А};$</p> <p>$B = 0,2 \text{ Тл};$</p> <p>Найти:</p> <p>F_A</p>	 <p>Решение:</p> <p>П.к. соприкосновения проводов одинаково, но при взгляде к точке С ток пойдет и по верхнему, и по нижнему обводу. П.к. провода соединены параллельно, но можем записать:</p> <p>$IR = I_1 R + I_2 R; I = I_1 + I_2, \text{ но } I_1 = I_2 \text{ (одинаковые проводники сверху и снизу), } I_1 = \frac{I}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ А};$</p> <p>На проводник с током, находящийся в магнитном поле, действует сила Ампера, которая равна:</p> <p>$F_A = I B l,$ где l — длина участка проводника.</p> <p>По правую левый руки определим направление силы Ампера, действующей на разные участки цепи, и отметим их направление на рисунке.</p> <p>Сила Силы, действующие на участки AC и CE равны по модулю и противоположны по направлению, (т.к. C — середина AE) следовательно равнодействующая сил Ампера на участок AE равна нулю. Аналогично для участка BF, равнодействующая сил равна нулю (рис.)</p> <p>Рассмотрим участки AB и EF: сила Ампера в двух случаях направлена вверх плоскости рисунка, следовательно сила Ампера, действующая на весь контур, равна: $F = F_{AB} + F_{EF};$</p> <p>$F = I_{AB} \cdot B \cdot l + I_{EF} \cdot B \cdot l;$ Токи, как было сказано ранее, равны, следовательно $F = I_{AB} \cdot B \cdot l \cdot 2 =$</p> <p>$= \frac{I}{2} \cdot B \cdot l \cdot 2 = I B l; F = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,04 \text{ А.}$</p> <p>Ответ: 0,04 А</p>
--	--

Приведено верное решение задачи и получен верный ответ, но дважды записана неверная единица для силы. Работа оценивается в 2 балла по критерию ошибки в числовом ответе.

Работа 5.4 (1 балл)

<p>Дано:</p> <p>$L = 10 \text{ см}$</p> <p>$I = 2 \text{ А}$</p> <p>$B = 0,2 \text{ Тл}$</p> <p>$B \perp I$</p> <p>$R = \text{оригинал}$</p> <p>$F_A = ?$</p>	<p>СИ</p> <p>$0,1 \text{ м}$</p>	<p>Решение</p> <p>Т.к. участки 1-3 и 4-6 соединены параллельно и R - безе оригинала, то $I_{13} = I_{46} = \frac{1}{2} I$</p> <p>Участки 1, 2, 3, 4, 5, 6 соединены последовательно $\Rightarrow I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = \frac{1}{2} I$</p> $F_A = F_{A1} + F_{A2} + F_{A3} + F_{A4} + F_{A5} + F_{A6} =$ $= \sin 90^\circ \cdot \frac{1}{2} IB \left(\frac{L}{2} + L + \frac{L}{2} + \frac{L}{2} + L + \frac{L}{2} \right) = \frac{1}{2} IB 4L$ $F_A = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ А} \cdot 0,2 \text{ Тл} \cdot 4 \cdot 0,1 \text{ м} = 0,08 \text{ Н}$
---	---	---

Ответ: $0,08 \text{ Н}$

Допущена ошибка при определении направления сил на рисунке и, как следствие, равнодействующей силы. Последнее подпадает под ошибку в одной из исходных формул. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 5.5 (0 баллов)

<p>Дано:</p> <p>$L = 10 \text{ см}$</p> <p>$I = 2 \text{ А}$</p> <p>$B = 0,2 \text{ Тл}$</p>	<p>СИ</p> <p>$= 0,1 \text{ м}$</p>	<p>Решение:</p> $\vec{F}_A = I \vec{B} l \sin \alpha$ <p>Т.к. $\alpha = 90^\circ$, то $\sin 90^\circ = 1$, тогда</p> $F_A = IB l$ <p>Т.к. рамка квадратная, то</p> $l = 4L$ $F_A = 4IBL$ $F_A = 4 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,16 \text{ (Н)}$
---	---	---

Ответ: $0,16 \text{ Н}$

В решении представлена лишь одна из необходимых исходных формул. Работа оценивается в 0 баллов.

Задание 6

Две большие параллельные вертикальные пластины из диэлектрика расположены на расстоянии $d = 5$ см друг от друга. Пластины равномерно заряжены разноимёнными зарядами. Модуль напряжённости поля между пластинами $E = 6 \cdot 10^5$ В/м. Между пластинами, на равном расстоянии от них, помещён маленький шарик с зарядом $Q = 5 \cdot 10^{-11}$ Кл и массой $M = 3 \cdot 10^{-3}$ г. После того как шарик отпускают, он начинает падать. Какую скорость будет иметь шарик, когда коснётся одной из пластин? Трением о воздух и размерами шарика пренебречь.

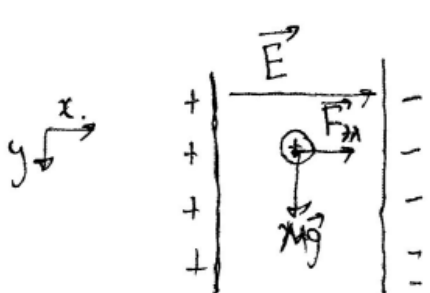
Возможное решение	
<p>1. Модуль скорости шарика в момент касания пластины равен</p> $V = \sqrt{V_{\Gamma}^2 + V_{\text{в}}^2}, \quad (1)$ <p>где V_{Γ} и $V_{\text{в}}$ – проекции скорости шарика на горизонтальную и вертикальную оси.</p> <p>2. Запишем выражения для проекций скорости шарика с учётом условия задачи:</p> $V_{\Gamma} = a_{\text{эл}}t \quad (2)$ <p>и $V_{\text{в}} = gt$, (3)</p> <p>где t – время движения шарика, $a_{\text{эл}}$ – проекция ускорения шарика на горизонтальную ось. Время движения шарика находим из соотношения</p> $\frac{d}{2} = \frac{a_{\text{в}}t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{a_{\text{эл}}}}. \quad (4)$ <p>3. Используя второй закон Ньютона и формулу расчёта модуля силы, действующей на заряд в электрическом поле $F = QE$, выражаем проекцию ускорения заряда в электрическом поле: $a_{\text{эл}} = \frac{EQ}{M}$. (5)</p> <p>4. С учётом уравнений (2)–(5) получаем</p> $V = \sqrt{\frac{EQd}{M} + \frac{g^2Md}{EQ}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-11} \cdot 0,05}{3 \cdot 10^{-6}} + \frac{10^2 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05}{6 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-11}}} = 1 \text{ м/с.}$ <p>Ответ: $V = 1$ м/с</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнения кинематики, второй закон Ньютона, формула расчёта силы, действующей на заряд в электрическом поле</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p>	2

<p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Работа 6.1 (3 балла)

Дано: $d = 0,5 \text{ м} = 0,05 \text{ м}$
 $E = 6 \cdot 10^5 \text{ В/м}$

Решение по 2 закону Ньютона:
 $\vec{F}_{\text{эл}} + M\vec{g} = M\vec{a}$



$Q = 5 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$
 $M = 3 \cdot 10^{-3} \text{ г} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$
 $v = ?$

$O_x: F_{\text{эл}} = Ma_x; F_{\text{эл}} = EQ$
 $O_y: Mg = ma_y; Ma_x = EQ$
 $a_x = \frac{EQ}{M}; S_x = \frac{v_x^2 - v_{x0}^2}{2a_x}$
 $v_x = \sqrt{2S_x a_x}; S_x = \frac{a_x t^2}{2}; t = \sqrt{\frac{2S_x}{a_x}}$

$v_y = v_{y0} + a_y t; a_y = g; v_y = g \sqrt{\frac{2S_x}{a_x}}$

$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(2S_x a_x)^2 + (g \sqrt{\frac{2S_x}{a_x}})^2} =$
 $= \sqrt{2S_x a_x + g^2 \cdot \frac{2S_x}{a_x}} =$
 $= \sqrt{2S_x (a_x + \frac{g^2}{a_x})} = \sqrt{2 \cdot 0,025 \cdot (10 + \frac{10^2}{18})} = 1 \text{ м/с}$

Ответ: 1 м/с .

Приведены все необходимые формулы, математические преобразования и расчеты, получен верный ответ. Работа оценивается в 3 балла.

Работа 6.2 (2 балла)

$\vec{E}Q = \vec{F}_{эл}$
 $Ox: F_{эл} = ma_x$
 $QE = ma_x \Rightarrow$
 $\Rightarrow a_x = \frac{QE}{M}$
 $\frac{d}{x} = \frac{a_x t_{нар}^2}{2}$
 $d = a_x t_{нар}^2$
 $t_{нар} = \sqrt{\frac{d}{a_x}}$

$v_y = \omega \text{ const}$
 $v_y = v_{0y} + g t_{нар} = g t_{нар}$
 $v_x = v_{0x} + a_x t_{нар} = a_x t_{нар}$

$v = \sqrt{v_y^2 + v_x^2} = \sqrt{(g t_{нар})^2 + (a_x t_{нар})^2} =$
 $= \sqrt{\left(g \sqrt{\frac{d}{a_x}}\right)^2 + (a_x t_{нар})^2} = \sqrt{g^2 \frac{d}{a_x} + \frac{Q^2 E^2}{M^2} \cdot \frac{d}{a_x}} =$
 $= \sqrt{g^2 \frac{d M^2}{Q^2 E^2} + \frac{Q^2 E^2}{M^2} \cdot \frac{d M^2}{Q E}} = \sqrt{\frac{g^2 d M^2}{Q^2 E^2} + \frac{Q E d}{M}} =$
 $= \sqrt{d \left(\frac{g^2 M^2}{Q^2 E^2} + \frac{Q E}{M} \right)} = \sqrt{5 \cdot 10^{-2} \left(\frac{10^2 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6}{25 \cdot 10^{22} \cdot 36 \cdot 10^{10}} + \frac{5 \cdot 10^1 \cdot 6 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^3 \cdot 10^3} \right)} \approx$
 $\approx 1,52 \text{ м/с}$

В решении верно записаны все необходимые формулы. В процессе преобразований допущена ошибка (ускорение по оси OX записано в квадрате, вместо первой степени), что привело к неверному ответу. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 6.3 (2 балла)

$d = 0,05 \text{ м}$
 $E = 6 \cdot 10^5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$
 $Q = 5 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$
 $M = 3 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$

$E = \text{const}$
 $|\vec{S}_1| = d$

1) Со стороны электростатического поля на шарик действует сила $F_3 = Eq$

2) По II закону: $m\vec{g} + \vec{F}_3 = m\vec{a}$, т.к. $E = \text{const}$ то $F_3 = \text{const}$
 $mg = \text{const}$
 $\Rightarrow a = \text{const} \Rightarrow$

- берем формулы кинематики равноускоренного движения

$x: F_3 = ma_x \Rightarrow Eq = ma_x \Rightarrow a_x = \frac{Eq}{m} = \frac{6 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-11}}{3 \cdot 10^{-6}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $y: mg = ma_y \Rightarrow a_y = g$ — a_x и $a_y = \text{const}$

3) По формулам кинематики равноускоренного движения:

$\vec{S}_1 = \vec{v}_0 t_1 + \frac{\vec{a} t_1^2}{2}$; $x: \frac{d}{2} = 0 + \frac{a_x t_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{d}{a_x}}$

3а) $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t_1$ $x: v_x = a_x t_1$
 $y: v_y = a_y t_1$

4) $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(a_x t_1)^2 + (a_y t_1)^2} = t_1 \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = t_1 \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2} t_1$
 $= 10\sqrt{2} \sqrt{\frac{d}{a_x}} = 10\sqrt{2} \sqrt{\frac{0,05}{10}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (по Т. Пифагора)

Ответ: $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Представлены все необходимые формулы, задача решена с промежуточными вычислениями, получен верный ответ. В рисунке ошибочно указано, что частица движется по параболе. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 6.4 (1 балл)

Дано:
 $d = 0,05 \text{ м}$
 $E = 6 \cdot 10^5 \text{ В/м}$
 $Q = 5 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$
 $M = 3 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$

$v = ?$

Положительно заряженная пластина находится сверху, т.е. если бы она была внизу, то линии напряженности эл. поля были направлены вверх, а сила $F_{эл}$ тоже вверх, тогда по 2 закону Ньютона: $F_{эл} - mg = ma$
 $mg - F_{эл} = ma$, тогда где $F_{эл} = Eq$, тогда:

$$a = \frac{mg - F_{эл}}{m} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 10 - 6 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-11}}{3 \cdot 10^{-6}} = 0, \text{ т.е. шарик бы не падал.}$$

В нашем случае $F_z + mg = ma$, откуда $a = g + \frac{Eq}{m}$

Движение равноускоренного (т.к. эл. поле однородное, то $E = \text{const}$) тела по прямой:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \text{ В нашем случае } v_0 = 0, s = \frac{d}{2}, t - \text{ время движения, тогда}$$

$$\frac{d}{2} = \frac{at^2}{2} \Leftrightarrow d = at^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{a}}. \text{ Ускорение определим как}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{v - 0}{t} = \frac{v}{t}, \text{ откуда } v = at = a \cdot \sqrt{\frac{d}{a}} = \sqrt{ad} = \sqrt{\left(g + \frac{Eq}{m}\right) \cdot d} =$$

$$= \sqrt{\left(10 + \frac{6 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-11}}{3 \cdot 10^{-6}}\right) \cdot 0,05} = 1 \text{ м/с}$$

Ответ: 1 м/с

Судя по рисунку, произошла подмена условия задачи. Рассматривается случай движения частицы поле горизонтальных пластин. Представлены формулы, необходимые для решения задачи, неверно записан второй закон Ньютона. Работа оценивается в 1 балл.

Задание 7

Круговой виток провода радиусом $r = 10$ см, расположенный в однородном магнитном поле перпендикулярно его вектору индукции \vec{B} , растянули вдоль диаметра так, что он превратился в прямой проводник. При этом через виток прошёл заряд $q = 5$ мКл. Отношение сопротивления проводника к его длине $\rho_l = 0,1$ Ом/м. Определите величину индукции магнитного поля.

Возможное решение	
<p>1. При растяжении кругового витка в магнитном поле в соответствии с законом электромагнитной индукции $E_{\text{инд}} = \left \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right$ в витке возникает индукционный ток величиной $I = \frac{ \mathcal{E}_{\text{инд}} }{R} = \frac{ \Delta\Phi }{R\Delta t}$, где $\Delta\Phi$ – изменение магнитного потока через площадь витка, R – сопротивление витка.</p> <p>2. Заряд, протекший через поперечное сечение витка за время растяжения витка, $q = I\Delta t = \frac{ \Delta\Phi }{R}$.</p> <p>3. Учитывая, что $\Delta\Phi = B\pi r^2$, а сопротивление витка $R = \rho_l 2\pi r$, получим:</p> $q = \frac{B\pi r^2}{\rho_l 2\pi r} = \frac{Br}{2\rho_l}$ <p>Отсюда искомая величина индукции магнитного поля</p> $B = \frac{2q\rho_l}{r} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{0,1} = 10^{-2} \text{ Тл.}$ <p>Ответ: $B = 10^{-2}$ Тл</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон электромагнитной индукции Фарадея; закон Ома для полной цепи; выражение для магнитного потока; связь заряда, протекающего через поперечное сечение проводника, с силой тока);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p>	2

<p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<i>Максимальный балл</i>	3

Работа 7.1 (3 балла)

При растяжении витка брел диаметр меняется
площадь витка и возникает ЭДС $\mathcal{E} = \frac{dS \cdot B}{dt}$

Возникающий в проводе ток $\frac{dq}{dt} = \mathcal{E}/R$. R - сопротивление
провода

Или $\frac{dq}{dt} = \frac{dS \cdot B \cdot R}{dt R}$

Тот же заряд, прошедший по витку $q = \Delta S \cdot B/R$,

где ΔS - изменение площади за время прохождения заряда

$S = \pi r^2$, $R = 2\pi r \cdot \rho$

$B = \frac{q}{\Delta S \cdot R} = \frac{q}{\pi^2 r^2 \rho}$ $B = \frac{q R}{\Delta S} = \frac{q \cdot 2\pi r \rho}{\pi r^2} = \frac{2q\rho}{r} = \frac{2 \cdot 5 \text{ мкА} \cdot 0,1 \text{ Ом/м}}{10 \text{ см}}$

$= 0,01 \text{ Тл}$

Приведены все необходимые формулы, математические преобразования и расчеты, получен верный ответ. Работа оценивается в 3 балла.

Работа 7.2 (2 балла)

<p>Дано: $r = 10 \text{ см}$ $q = 5 \text{ мкКл}$ $\rho_c = 0,1 \text{ Ом/м}$ $B = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>1) По 3-му электромагнитной индукции Фарадея $\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$.</p> <p>2) $I = \frac{q}{\Delta t}$, где Δt - время, за которое протек заряд q.</p>
<p>3) По закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{\rho}$ - где ρ - сопротивление данного витка провода</p> <p>$\Delta \Phi = B \Delta S \cos 90^\circ = B \Delta S$</p> <p>4) $\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \Delta S}{\Delta t}$</p> <p>$\frac{q}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}}{\rho} \Rightarrow \boxed{\mathcal{E} = \frac{q \rho}{\Delta t}}$</p> <p>$\frac{q \rho}{\Delta t} = \frac{B \Delta S}{\Delta t}$</p> <p>$q \rho = B \pi r^2$</p> <p>$q \rho = B l \cdot \frac{l}{2} \cdot 2$</p> <p>$2 q \rho = B l r$</p> <p>2 q \rho = B l r</p> <p>$2 q \rho_c = B r$</p> <p>$B = \frac{2 q \rho_c}{r} = 0,01 \text{ Тл}$</p> <p>Ответ: $B = 0,01 \text{ Тл}$</p>	

Приведены все необходимые формулы и математические преобразования, получен верный ответ. Отсутствует подстановка значений в полученную конечную формулу. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 673 (2 балла)

<p>Дано:</p> $q = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$ $r = 0,1 \text{ м}$ $P_1 = 0,1 \text{ Ач}$	<p>Решение:</p> <p>Криво L - длина окружности $L = 2\pi r$ $P_1 = \frac{q}{L}$, $R = 0,1$, $L = 0,2\pi r$</p>
<p>B-?</p>	<p>$\Sigma = \frac{q\phi}{\epsilon} \Rightarrow \phi = BS \cos \alpha$; $\cos \alpha = 1$</p>
<p>$S = 2\pi r^2$</p>	<p>$\Sigma = \frac{BS}{\epsilon} = \frac{2\pi r^2 B}{\epsilon}$ (1)</p>
<p>$\Sigma = I R$; $I = \frac{q}{t}$</p>	<p>$\Sigma = \frac{q}{t} \cdot 0,2\pi r$ (2)</p>

$$\frac{2\pi r^2 B}{\epsilon} = \frac{q}{t} \cdot 0,2\pi r$$

$$B = \frac{q \cdot 0,2\pi r}{2\pi r^2} ; B = \frac{0,2q}{2r} ; B = \frac{0,1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,1} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

Ответ. $5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$.

Приведены все необходимые формулы, но допущена ошибка в преобразованиях при определении площади поперечного сечения, что привело к неверному ответу. Работа оценивается в 2 балла.

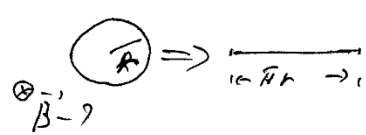
Работа 7.4 (1 балл)

<p>Дано</p> <p>$r = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$</p> <p>$Q = 5 \text{ мкКл}$</p> <p>$\rho = 0,1 \frac{\text{Ом}}{\text{м}}$</p> <hr/> <p>$B = ?$</p>	$R = \frac{\rho S}{l} = \frac{\rho \pi r^2}{2 \pi r} = \frac{\rho \cdot r}{2}$ $C = \frac{Q}{U} = \frac{BS}{U} \quad l = 2 \pi r$ $U = \frac{E}{r} = \frac{Q}{t}$ $\frac{Q}{t} = \frac{BS}{\rho \pi t} = \frac{BS}{\rho \pi}$ $BS = \rho Q$ $B = \frac{\rho Q}{C} = \frac{\rho Q}{\frac{BS}{U}} = \frac{\rho \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \pi \cdot 0,1} = 0,79 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} = 0,79 \text{ мТл}$
--	--

Ответ: 0,79 мТл

Неверно записана одна из исходных формул (формула для сопротивления проводника через удельное сопротивление и размеры). Остальные исходные формулы записаны верно, есть математические преобразования и расчеты, направленные на решение задачи. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 7.5 (0 баллов)



где уменьшился поток и и через контур
 ток $I = 5 \text{ А}$
 или соот. контура $S_L = 0,1 \text{ Ом/м}$
 уменьшился поток и и $\Delta \Phi = B \Delta S$, $\Delta S = \pi r^2 - 0 = \pi r^2$
 заряд пробьется через контур, сообразе и и, противодействующие уменьшению потока
 (поток Φ уменьшается, ток идет против часовой стрелки)
 но

~~через эту пробьется~~
 против как $dI = I$
 падение напряжения на элементах
 длины: $dU_L = I \cdot S$
 $\Delta U = I \cdot S \cdot l$ - разность пот-лов

$\Delta U = \mathcal{E}$ - ток из цепи: $\mathcal{E} = \Delta \Phi$
 $B \pi r^2 = I S \cdot l$ $B = \frac{I S l}{\pi r^2} = 0,01 \text{ Тл}$
 Ответ: $B = 0,01 \text{ Тл}$

В решении две исходные формулы (для закона Ома и для закона Фарадея) записаны неверно. Работа оценивается в 0 баллов.

3.4. Примеры оценивания ответов на задания 26

Задание 1

Небольшое тело массой $M = 0,99$ кг лежит на вершине гладкой полусферы радиусом $R = 1$ м. В тело попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 200$ м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите высоту h , на которой это тело оторвётся от поверхности полусферы. Высота отсчитывается от основания полусферы. Соппротивлением воздуха пренебречь.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Возможное решение	
Обоснование	 <p>1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела можно считать материальными точками, так как их размеры пренебрежимо малы в условиях задачи.</p> <p>2. При соударении для системы «пуля – тело» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (сила тяжести и сила реакции опоры) вертикальны.</p> <p>3. При движении составного тела от вершины полусферы выполняется закон сохранения механической энергии, так как полусфера гладкая, и работа силы реакции опоры равна нулю (эта сила перпендикулярна скорости тела).</p> <p>4. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры \vec{N}.</p> <p>5. Второй закон Ньютона выполняется в ИСО для модели материальной точки.</p> <p>Решение</p> <p>1. Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой $m + M$ сразу после удара:</p> $mv_0 = (m + M)v_1.$ <p>Закон сохранения механической энергии связывает скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:</p> $\frac{(m + M)v_1^2}{2} + (m + M)gR = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)gR \cos \alpha,$ <p>где v_2 – скорость составного тела в момент отрыва; $h = R \cos \alpha$ – высота точки отрыва (см. рисунок).</p>

2. Второй закон Ньютона в проекциях на ось x (направленную в центр полусферы), в момент отрыва тела принимает вид:

$$(m + M)g \cos \alpha = \frac{(m + M)v_2^2}{R}.$$

3. Объединяя уравнения, получим:

$$\frac{v_1^2}{2} + gR = \frac{3}{2}gh.$$

$$\text{Отсюда } h = \frac{1}{3g} \cdot \left(\frac{mv_0}{M + m} \right)^2 + \frac{2}{3}R = \frac{1}{3 \cdot 10} \cdot \left(\frac{0,01 \cdot 200}{0,99 + 0,01} \right)^2 + \frac{2}{3} \cdot 1 = 0,8 \text{ м.}$$

Ответ: $h = 0,8$ м

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор ИСО, модель материальной точки, условия применимости законов сохранения импульса и сохранения механической энергии, условие отрыва тела от поверхности полусферы</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>законы сохранения импульса и механической энергии, второй закон Ньютона</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)	2

<p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<i>Максимальный балл</i>	4

Работа 1.1 (К1 – 0, К2 – 3)

<p>30) Дано:</p> <p>$M = 0,99 \text{ кг}$</p> <p>$R = 1 \text{ м}$</p> <p>$m = 0,01 \text{ кг}$</p> <p>$v_0 = 200 \text{ м/с}$</p>	<p>Решение:</p> <p>1. ЗЦК: $mv_0 = (M+m)v$</p> $v = \frac{mv_0}{M+m} = \frac{0,01 \cdot 200}{0,99+0,01} = 2 \text{ м/с}$ <p>2. ЗЭ: $(M+m)gR + \frac{(M+m)v^2}{2} = (M+m)gh + \frac{(M+m)u^2}{2}$</p> $gR + \frac{v^2}{2} = gh + \frac{u^2}{2}$ <p>2. При отрыве от поверхности полусферы</p> <p>$N = 0$ (сила реакции опоры равна нулю)</p> <p>$m\vec{a}_{yc} = m\vec{g}$ $(M+m)\vec{a}_{yc} = (M+m)\vec{g}$</p> <p>$Ox: m\vec{a}_{yc} = mg \sin \alpha$ $(M+m)a_{yc} = (M+m)g \sin \alpha \quad /: (M+m)$</p> <p>$a_{yc} = g \sin \alpha; \quad \frac{v^2}{R} = g \sin \alpha; \quad \sin \alpha = \frac{h}{R}$</p> <p>$\frac{v^2}{R} = \frac{gh}{R} \quad u^2 = gh$</p> <p>3. $gR + \frac{v^2}{2} = gh + \frac{gh}{2} \quad gR + \frac{v^2}{2} = \frac{3gh}{2} \quad / \cdot 2$</p> <p>$2gR + v^2 = 3gh \quad h = \frac{2gR + v^2}{3g}$</p> <p>$h = \frac{2 \cdot 10 \cdot 1 + 2^2}{3 \cdot 10} = 0,8 \text{ м}$</p> <p>Ответ: 0,8 м</p>
--	---

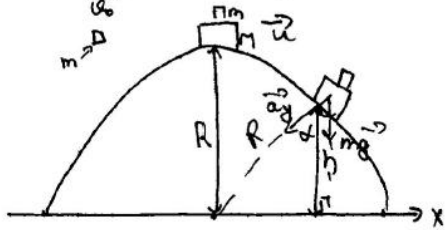
По критерию 1 – 0 баллов, так как в обосновании представлен только один элемент о равенстве нулю силы реакции опоры при отрыве груза от поверхности полусферы. В работе представлено полное верное решение, соответственно по критерию 2 – 3 балла. Работа оценивается 3 баллами.

Работа 1.2 (K1 – 0, K2 – 2)

<p>Дано:</p> <p>$M = 0,99 \text{ кг}$</p> <p>$R = 1 \text{ м}$</p> <p>$m = 0,01 \text{ кг}$</p> <p>$\varphi_0 = 200 \text{ м/с}$</p> <hr/> <p>$h = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>Основание:</p> <p>Так как тело движется по окружности, можем применить законы Ньютона</p> <p>Мы можем пренебречь размерами пули и тела, значит будем считать их материальными точками.</p> <p>Так как соударение пули и тела происходит мгновенно, и силы не успевают подействовать, то сохраняется импульс и мы можем применить закон сохранения импульса</p> <p>Так как Пуассона некая, нет сил трения, и единственная сила, которая действует на систему тел - сила тяжести, то можем применить закон сохранения энергии</p> <p>Так как Земля приближенно является инерциальной системой, то можем применить II закон Ньютона</p> <p>$\vec{F} = m\vec{a}$ - II закон Ньютона</p> <p>$a_y = \frac{v^2}{R}$ - центростремительное ускорение</p>
--	---

$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$ - закон сохранения импульса

В данном случае $m \vec{v}_0 = m \vec{u} + M \vec{u}$, где u - скорость системы тел "тело + пуля"



Ox: $m v_0 = u(m+M)$, $u = \frac{m v_0}{m+M}$, $u = \frac{0,01 \cdot 200}{0,99+0,01} = 2 \text{ (м/с)}$

Отрыв произойдет тогда, когда сила реакции опоры будет равна 0

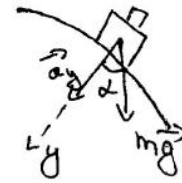
Затем II закон Ньютона для точки отрыва:

$(m+M) \vec{g} = m \vec{a}_y$

Oy: $(m+M) g \cdot \cos \alpha = (m+M) a_y$, где α - угол между силой тяжести и a_y

$\cos \alpha = \frac{h}{R}$

$g \frac{h}{R} = \frac{u'^2}{R}$, $u'^2 = g h$ - скорость системы тел на высоте h



$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ - закон сохранения энергии

Для системы тел от точки удара до h :

$\frac{(m+M) u^2}{2} + (m+M) g R = \frac{(m+M) u'^2}{2} + (m+M) h g$

$\frac{u^2}{2} + g R = \frac{g h}{2} + g h$, $h = \frac{u^2 + 2 g R}{3 g}$

$h = \frac{2^2 + 2 \cdot 10 \cdot 1}{3 \cdot 10} = 0,8 \text{ (м)}$

Ответ: 0,8 м

$\frac{m v_0^2}{2}$ - кинетическая эн

$m g h$ - потенциальная эн

В обосновании неверно приведены условия применимости закона сохранения импульса и закона сохранения энергии. По критерию 1 – 0 баллов. В решении есть записи для закона сохранения импульса, которые не соответствуют условию задачи и в дальнейшем не используются. Их можно отнести к лишним записям. По критерию 2 – 2 балла. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 1.3 (K1 – 0, K2 – 2)

30

$M = 0,99 \text{ кг}$
 $R = 1 \text{ м}$
 $m = 0,01 \text{ кг}$
 $v_0 = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $h = ?$

Заменим закон сохранения импульса в момент, когда игла попадает в шар:

$$m v_0 = (M + m) u$$

$$u = \frac{m v_0}{M + m} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Заменим закон сохранения энергии, когда тело попало игла на вершине и на высоте h , где оно оторвалось от арки:

$$\frac{(M + m) u^2}{2} + (M + m) g R = \frac{(M + m) v^2}{2} + (M + m) g h$$

$$v = \sqrt{2 g R} \sqrt{2 \frac{u^2}{2} + 2gR - 2gh} = \sqrt{u^2 + 2g(R - h)}$$

Для отрыва от арки соответствует условие:

$$m \frac{v^2}{R} \geq mg \cdot \cos(90^\circ - \alpha)$$

значит, шар оторвется в момент

$$\frac{m v^2}{R} = mg \sin \alpha = mg \frac{h}{R}$$

$$h = \frac{v^2}{g} = \frac{u^2 + 2g(R - h)}{g}$$

$$h = \frac{u^2 + 2gR}{g \cdot 3} = \frac{4 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 20 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{30 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,8 \text{ м}$$

Ответ: $h = 0,8 \text{ м}$

Обоснование отсутствует, соответственно, по критерию 1 – 0 баллов. В решении верно записаны все необходимые законы. Есть недочет в указании массы во втором законе Ньютона, который можно отнести к описанию буквенных обозначений. По критерию 2 – 2 балла. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 1.4 (K1 – 0, K2 – 1)

№ 30-

Дано:

$$M = 0,99 \text{ м}$$

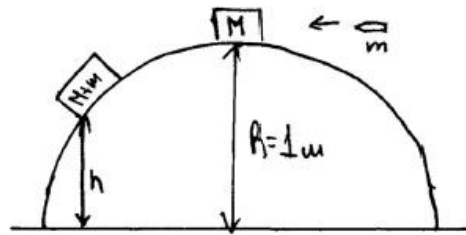
$$R = 0,1 \text{ м}$$

$$m = 0,01 \text{ кг}$$

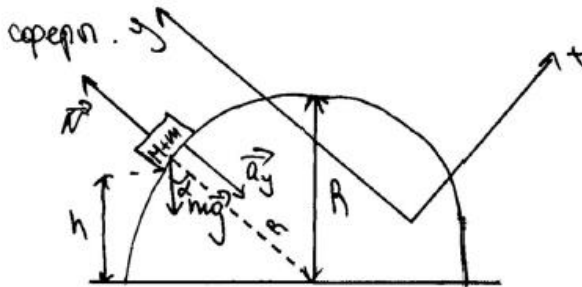
$$v_0 = 200 \text{ м/с}$$

h - ?

Решение:



h - высота, на которой тело оторвется от поверхности полу



1) Тело оторвется от поверхности сферы, когда сила реакции опоры \vec{N} станет \leq или центростремительное ускорение: $N \leq a_y$.

2) Распишем реакции сил, действующие на груз, на Oy :
(по II закону Ньютона)

$$m_1 a_y = N. (2)$$

3) По Oy : ~~$N = (M+m)g \cos \alpha$~~ $N = m_1 g \cos \alpha (1)$

$$\text{из (2) и (1): } m_1 g \cos \alpha = m_1 a_y; \text{ где } m_1 = M+m \Rightarrow (M+m)g \cos \alpha = (M+m) a_y$$

$$(M+m)g \cos \alpha = (M+m) a_y (3)$$

4) Распишем закон сохранения импульса по направлению пути и касатель: $\vec{p}_{\text{до}} = \vec{p}_{\text{после}}$

$$M v_0 + m v_0 = (M+m) v \Rightarrow$$

$\Rightarrow 0,99 \cdot v_1 + 0,01 \cdot 200 = (0,99 + 0,01) v$; м.к. груз скользит по поверхности, но $v_1 = 0$

$$0,99 \cdot 0 + 2 = 1 \cdot v$$

$$v = 2 \text{ м/с.}$$

б) Рассмотрим условие отрыва тела от поверхности:

$$N \leq a_y$$

$$mg \cos \alpha \leq m_1 a_y$$

$$g(M+m) \cos \alpha \leq (M+m) a_y$$

$$10 \cdot 1 \cdot (0,99 + 0,01) \cos \alpha \leq (0,99 + 0,01) \frac{v^2}{R}$$

$$10 \cos \alpha \leq \frac{2^2}{1}$$

$$\cos \alpha \leq \frac{4}{10} \quad (4)$$

б) $\cos \alpha$ - отношение h к $R \Rightarrow \cos \alpha = \frac{h}{R} \quad (5)$

$$\text{из (4) и (5): } \frac{h}{R} \leq \frac{4}{10} ; \frac{h}{1} \leq \frac{4}{10} \Rightarrow h \leq 0,4 \text{ м} \Rightarrow \text{при } h = 0,4 \text{ м}$$

тело оторвется от поверхности полушара.

Важную систему можно считать инерциальной, поэтому можно применить Второй закон Ньютона. Тела, находящиеся в данной системе, а именно шаре и груз, можно принять за материальные точки. Т.к. поверхность полушара гладкая, то силой трения скольжения можно пренебречь. Т.к. в момент соударения шар и груза система замкнутая, можно применить закон сохранения импульса

Ответ: 0,4 м.

В обосновании неверно приведены условия применимости закона сохранения импульса и закона сохранения энергии, неверно сформулировано условие отрыва тела от полушара, соответственно, по критерию 1 – 0 баллов. В решении отсутствует закон сохранения энергии при наличии двух других обязательных уравнений. По критерию 2 – 1 балл. Работа оценивается 1 баллом.

Работа 1.5 (К1 – 0, К2 – 0)

ЗАДАЧА ДИЧЕР 30.

ДАНО:

M - МАССА ТЕЛА $M = 0,99 \text{ КГ}$

$R = 1 \text{ М}$ - РАДИУС ПОЛУСФЕРЫ

$m = 0,01 \text{ КГ}$ - МАССА ПУЛИ

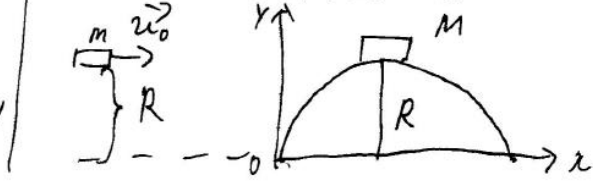
u_0 - СКОРОСТЬ ПУЛИ

$u_0 = 200 \text{ М/С}$

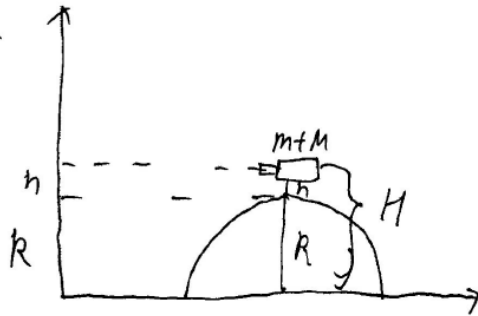
h - ВЫСОТА ПОЯВЛЕНИЯ ОТ УРОВНЯ СФЕРЫ

1) РИСУНОК

ДО ПОПАДАНИЯ



ПОСЛЕ ПОПАДАНИЯ



ТАК КАК

СМЕЩЕНИЕМ

ТЕЛА ЗА ВРЕМЯ

УДАРА МОЖНО

ПРЕБРЕЗЬ, ТО

ПРИМЕМ H - ВЫСОТА

ПОЯВЛЕНИЯ ТЕЛА С ПУЛЕЙ ОТ УРОВНЯ ЗЕМЛИ

$$H = R + h$$

2) ПОСКОЛЬКУ ТЕЛО НЕБОЛЬШЕЕ А РАЗМЕРЫ

ПУЛИ МАЛЫ ПРИМЕМ ИХ ЗА МАТЕРИАЛЬНЫЕ ТОЧКИ;

3) ЕСТЬ ЗЕМЛЯ И ИЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОТСЧЕТА, ТОГДА ПОСКОЛЬКУ ТРЕНИЯ МЕЖДУ ТЕЛОМ И СФЕРОЙ НЕТ И МОЖНО ПРЕБРЕЗЬ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

ВОЗДУХА, ТО ГЛА СПРАВЕДЛИВ ЗАКОН СОХРА-

НЕНИЯ ЭНЕРГИИ: $(mRg) + \frac{m u_0^2}{2} + M g R = (m + M) g H \quad (1)$

$$(1) \quad m g R + \frac{m u_0^2}{2} + M g R = (m + M) g (R + h) \quad (1)$$

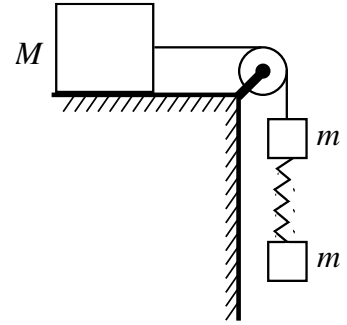
$$(1) \quad 0,01 \text{ КГ} \cdot 10 \cdot \text{М/С}^2 \cdot 1 \text{ М} + \frac{0,01 \text{ КГ} \cdot (200 \text{ М/С})^2}{2} + 0,99 \text{ КГ} \cdot 10 \text{ М/С}^2 \cdot 1 \text{ М} = 1 \text{ КГ} \cdot 10 \text{ М/С}^2 (1 \text{ М} + h) \quad (1)$$

$$(1) \quad 0,01 + 200 + 9,9 = 10 \text{ М} + 10h \quad (1) \quad h = \frac{190}{10} = 19 \text{ М} \quad \text{ОТВЕТ: } h = 19 \text{ М}$$

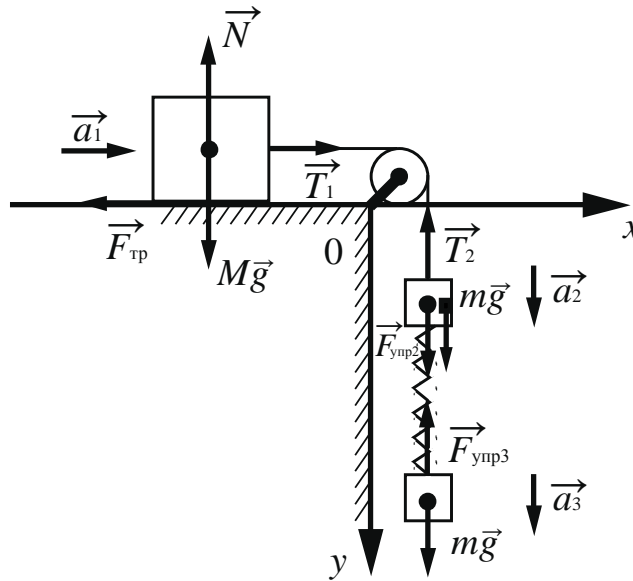
В обосновании неверно приведены условия применимости закона сохранения импульса и закона сохранения энергии, соответственно, по критерию 1 – 0 баллов. В решении законы, необходимые для решения задачи, записаны неверно. По критерию 2 – 0 баллов. Работа оценивается 0 баллов.

Задание 2

Груз массой $M = 800$ г соединён невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с бруском массой $m = 400$ г. К этому бруску на лёгкой пружине жёсткостью $k = 80$ Н/м подвешен второй такой же брусок. Длина нерастянутой пружины $l = 10$ см, коэффициент трения груза о поверхность стола $\mu = 0,2$. Определите длину пружины при движении брусков, считая, что при этом движении она постоянна. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. **Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.**



Возможное решение



Обоснование

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью стола. Будем применять для грузов и бруска законы Ньютона, справедливые для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и трением о воздух, а также массой блока пренебрежём.

Так как нить нерастяжима и длина пружины постоянна, ускорения обоих брусков и груза равны по модулю:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3| = a. \quad (1)$$

На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз.

Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то модули сил натяжения нити, действующих на груз и верхний брусок, одинаковы:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T. \quad (2)$$

$$\text{Равны по модулю и силы } |\vec{F}_{\text{упр}2}| = |\vec{F}_{\text{упр}3}|, \quad (3)$$

так как пружина лёгкая.

Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy выбранной системы координат. С учётом (1)–(3) получим:

$$Ox: Ma = T - F_{\text{тр}}$$

$$Oy: N = Mg, \quad ma = mg - T + F_{\text{упр}}, \quad ma = mg - F_{\text{упр}}.$$

<p>Сложив эти уравнения, найдём ускорение тел: $a = \frac{2mg - F_{\text{тр}}}{M + 2m}$.</p> <p>2. Сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$.</p> <p>3. Из последнего уравнения в п. 1 получим $F_{\text{упр}} = m(g - a) = \frac{mMg(1 + \mu)}{M + 2m}$.</p> <p>По закону Гука $F_{\text{упр}} = k\Delta l = k(L - l)$, тогда</p> $L = l + \frac{mMg(1 + \mu)}{k(M + 2m)} = 0,1 + \frac{0,4 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot (1 + 0,2)}{80 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,4)} = 0,13 \text{ м.}$ <p>Ответ: $L = 0,13 \text{ м}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>инерциальная система отсчёта, модель материальной точки, условия равенства сил натяжения нитей и равенства упругих сил, равенства ускорений тел</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>II закон Ньютона, закон Гука, закон трения скольжения</i>); II) сделан верный рисунок с указанием сил, действующих на тела; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.	2

И (ИЛИ)	
Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	4

№30.

$$M = 800 \text{ г} = 0,8 \text{ кг}$$

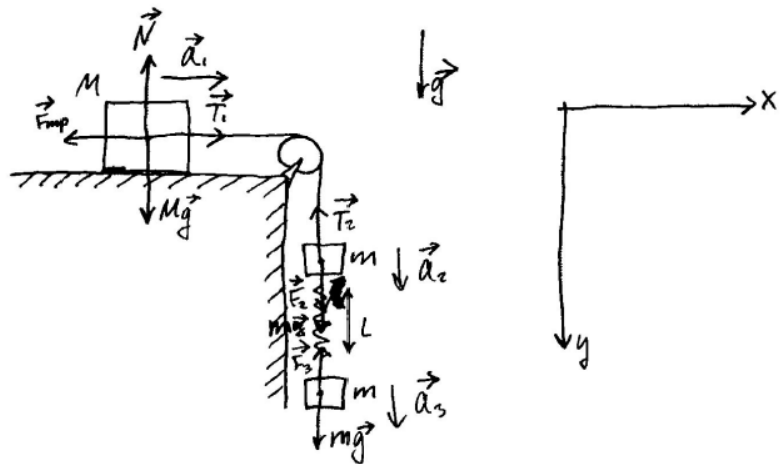
$$m = 400 \text{ г} = 0,4 \text{ кг}$$

$$k = 80 \text{ Н/м}$$

$$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\mu = 0,2$$

$$L - ?$$



Обоснование.

- 1) Задачу решаем в СД земли, она - ИСО.
- 2) Грузы движутся поступательно \Rightarrow их можно считать материальными точками.
- 3) Из (1) и (2) применим 2-й закон Ньютона
- 4) Груз массой M движется \Rightarrow на него действует сила трения скольжения \Rightarrow применим 3-й закон Ньютона
- 5) П.к. шнур нерастяжима, а пружина не меняет длину, $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3|$
- 6) П.к. блок идеальной, гладкий, шнур невесомый $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2|$
- 7) П.к. пружина лёгкая, $|\vec{F}_3| = |\vec{F}_2|$. (\vec{F}_3 и \vec{F}_2 силы на оба груза со стороны пружины)
- 8) Применим 3-й закон, т.к. невесомая пружина удерживается.

Решение

Пусть $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3| = a$, $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$, $|\vec{F}_2| = |\vec{F}_3| = F_{\text{сп}}$.

1) 2-й груз массы M : по Oy : $Mg - N = 0 \Rightarrow N = Mg$

$$\text{по } Ox: T - F_{\text{сп}} = Ma$$

3-й закон Ньютона - Кулона: $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$

$$T - \mu Mg = Ma$$

2) 2-й груз верхней груза массы m по Oy : ~~$F_{\text{сп}} - T = m$~~ $mg + F_{\text{сп}} - T = ma$

3) 2-й груз нижней груза массы m по Oy : $mg - F_{\text{сп}} = ma$

$$\begin{cases} T - \mu Mg = Ma & (1) \\ mg + F_{\text{сп}} - T = ma & (2) \\ mg - F_{\text{сп}} = ma & (3) \end{cases}$$

Вычтем из (1), (2) и (3):

$$T - \mu Mg + mg + F_{\text{сп}}$$

$$\text{Вычтем из (2) (3): } mg + F_{\text{сп}} - T - mg + F_{\text{сп}} = ma - ma$$

$$\text{тогда в (1): } 2F_{\text{сп}} - T = 0 \Rightarrow T = 2F_{\text{сп}}.$$

$$\text{тогда в (1): } 2F_{\text{сп}} - \mu Mg = Ma \quad (4)$$

Умножим (4) на m , а (3) на M .

$$\begin{cases} 2mF_{\text{сп}} - \mu Mg m = Ma m \\ Mmg - F_{\text{сп}} M = Ma m \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2mF_{\text{сп}} - \mu Mg m = Mmg - F_{\text{сп}} M$$

$$F_{\text{сп}} (2m + M) = Mmg (1 + \mu)$$

$$F_{\text{сп}} = \frac{Mg m (1 + \mu)}{2m + M}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 10 \cdot 0,4 (1 + 0,2)}{0,4 \cdot 2 + 0,8} = \frac{3,84}{1,6} = 2,4 \text{ (Н)}$$

5) 3-й закон: $F_{\text{сп}} = k \Delta x$, где Δx - удлинение пружины, $\Delta x = L$

$$L = l + \Delta x = l + \frac{F_{\text{сп}}}{k} = 0,1 + \frac{2,4}{80} = 0,13 \text{ (м)}$$

$$0,13 \text{ м} = 13 \text{ см}$$

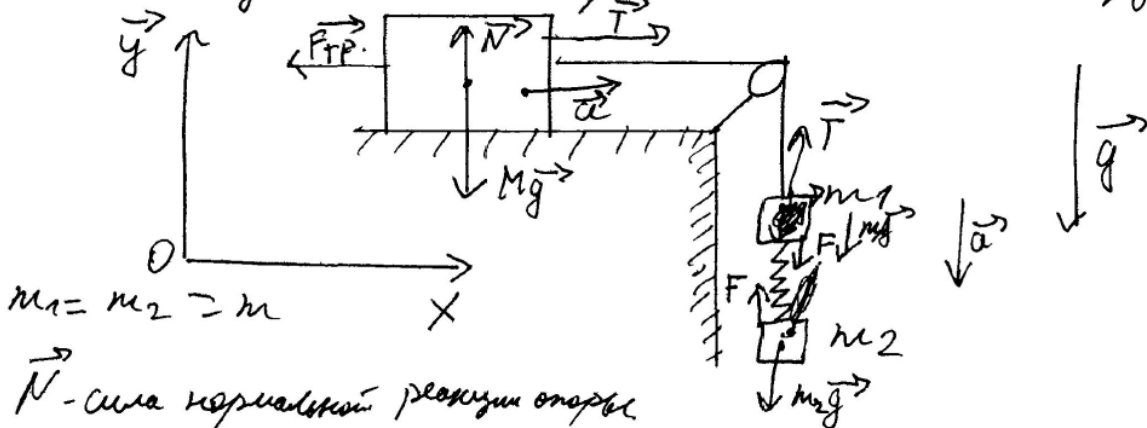
Ответ: 13 см.

В обосновании приведены все необходимые элементы, соответственно, по критерию 1 – 1 балл. В решении приведены все необходимые законы, представлены преобразования, получен ответ, приведен верный рисунок. По критерию 2 – 3 балла. Работа оценивается 4 баллами.

№30.

1. Введём Декартову систему координат, связанную с поверхностью Земли, с направляющими осями x и y .

2. Нарисуем рисунок и расставим на нём силы, приложенные к телам, а также укажем направления осей координат.



\vec{N} - сила нормальной реакции опоры

$\vec{F}_{тр}$ - сила трения скольжения (т.к. указано, что брусок находится в движении); \vec{T} - сила натяжения нити; \vec{F} - сила упругости пружины.

3. Распишем силы, приложенные к телам, в векторном виде, по II закону Ньютона.

$$\begin{cases} M\vec{a} = \vec{T} + \vec{F}_{тр} + M\vec{g} + \vec{N} \\ m_1\vec{a} = \vec{T} + \vec{F} + m_1\vec{g} \\ m_2\vec{a} = \vec{F} + m_2\vec{g} \end{cases}$$

4. Спроецируем силы на ось Ox ;

$$Ox: Ma = T - F_{тр.} \quad (1)$$

Горизонтальных сил к брускам массами m_1 и m_2 не приложено.

Спроецируем на ось Oy :

$$Oy: N - Mg = 0 \Rightarrow N = Mg \quad (2)$$

$$Oy: T - m_1 g - F = -m_1 a \quad (3)$$

$$Oy: F - m_2 g = -m_2 a \quad (4)$$

5. Сила трения скольжения может быть записана как $\mu \cdot N$; ~~$\mu \cdot Mg$~~ \Rightarrow , т.е.

$$F_{тр.} = \mu \cdot N = \mu \cdot Mg \quad (\text{из ур. 2})$$

$$6. F = -kx \quad (\text{Закон Гука})$$

7. Перепишем уравнение (1) с учётом

$$\text{н. 5: } Ma = T - \mu Mg; \text{ отсюда } T = Ma + \mu Mg \quad (5)$$

$$8. \text{ Из ур. (3) и (4): } \begin{cases} F = T - m_1 g + m_1 a \\ F = m_2 g - m_2 a \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T - m_1 g + m_1 a = m_2 g - m_2 a$$

Подставим ур. (5) вместо T , также заметим m_1 и m_2 на m :

$$Ma + \mu Mg - mg + ma = mg - ma$$

$$Ma + \mu Mg - 2mg + 2ma = 0$$

$$a = \frac{2mg - \mu Mg}{M + 2m} \quad (6)$$

9. Из (4); (5); (6) и п.6:

$$kx = mg - ma; \quad \Delta x = x - l$$

$$x = \frac{m(g-a)}{k} = \frac{m \left(g - \frac{2mg - \mu Mg}{m+2m} \right) + l}{k}$$

10. Подставим числовые значения, переведённые в систему СИ: $M = 800 \text{ г} = 0,8 \text{ кг}$; $m = 400 \text{ г} = 0,4 \text{ кг}$; $l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$; $k = 80 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

$$x = 0,4 \text{ кг} \cdot \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - \left(\frac{2 \cdot 0,4 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 0,2 \cdot 0,8 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right) + 0,1 \text{ м}}{(0,8 \text{ кг} + 2 \cdot 0,4 \text{ кг})} \cdot \frac{1}{80 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}$$

$$= 0,13 \text{ м}$$

Ответ: 0,13 м

Обоснование отсутствует, в соответствии с критерием 1 – 0 баллов. Приведено верное решение, получен верный ответ. В соответствии с критерием 2 – 3 балла. Работа оценивается 3 баллами.

Работа 2.3 (K1 – 0, K2 – 2)

30

Т - сила натяжения нити,
 Δx - расчетная величина при движении
 II закон Ньютона для нижней груза (ТН - нет в проекции на ось y):
 $m \cdot a = mg - k \cdot \Delta x$,
 a - ускорение груза.
 Для среднего груза (Ньютона II закон, ТН - нет в проекции на ось y):
 Сила натяжения нити и пружины сохраняет свою величину (ускорение то же длину):
 $ma = k \Delta x + mg - T$
 Для верхнего груза в проекции на ось y: $Mg = N$, не ось x.
 (вектор перемещения то же ускорение a)
 ~~$Ma = T - \mu Mg$~~
 Получим:

$$\begin{cases} ma = mg - k \Delta x \\ ma = k \Delta x + mg - T \\ Ma = T - \mu Mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ma = mg - k \Delta x \\ ma + Ma = k \Delta x + mg - \mu Mg \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{(m+M)(mg - k \Delta x)}{m} = k \Delta x + mg - \mu Mg \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow k \Delta x + M^2 g + m Mg - k \Delta x m - k \Delta x M = k \Delta x m + m^2 g - \mu M m g$$

$$\Leftrightarrow k \Delta x (2m + M) = \mu m g (M + 1) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \Delta x = \frac{M m g (\mu + 1)}{k (2m + M)} = \sqrt{3} \text{ см}$$

Обоснование отсутствует, соответственно, по критерию 1 – 0 баллов. В решении верно записаны все необходимые законы и формулы, но допущена ошибка в преобразованиях, не проведены расчеты, получен неверный ответ. По критерию 2 – 2 балла. Работа оценивается 2 баллами.

30

Дано:

- $M = 0,8 \text{ кг}$
- $m = 0,4 \text{ кг}$
- $k = 80 \text{ Н/м}$
- $l = 0,7 \text{ м}$
- $\mu = 0,2$

Найти:

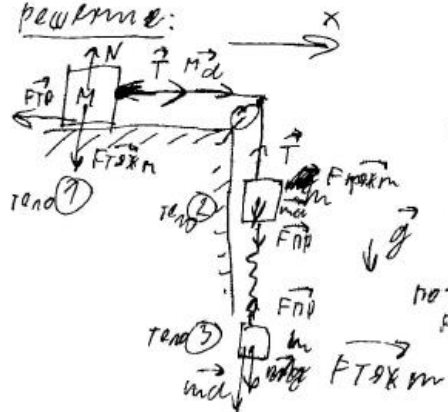
$L - ?$

Обоснование:

- 1) Введём систему CO , связанную со столом (и соотв. землёй) инерциальной.
- 2) Все грузы в задаче можно считать мат. точками, тк их размеры можно пренебречь.
- 3) тк нити лёгкие и нерастяжимые, пружина ~~жёсткая~~ лёгкая, а блок невесомый и гладкий, то натяжение любой точки нити одинаково, любой точки пружины одинаково, ускорения ^{и скорости} любой точки нити равны по модулю, как и любой точки пружины, нитя в ~~двух~~ ^{двух} местах по условию.

Благодаря вышесказанному ~~опра~~ для задачи справедливы 3-и закона, закон сохранения и справедливы нижеприведённые уравнения движения тел.

решение:



1) Введём оси x и y как показано на рисунке.

Тогда: -

ОУ:

$$F_{тр} = \mu N$$

$$F_{тяг} m = mg$$

$$F_{тяг} M = Mg$$

по закону Гука ~~и~~ $F_{пр} = k(l - l_0) = k \Delta l$

$$F_{тяг} - F_{пр} = ma$$

$$mg - k(l - l_0) = ma$$

$$-mg - k(l - l_0) + T = ma$$

$$N = F_{тяг} M \Rightarrow N = Mg$$

ОХ:

$$T - F_{тр} = Ma$$

Отв: $a = \frac{kL}{2M}$

$$mg - k(l - l_0) = ma = -mg - k(l - l_0) + T$$

$$T = 2Mg$$

В обосновании не указаны условие равенства сил натяжения нити и условие равенства ускорений тел как отдельные элементы. По критерию 1 – 0 баллов. В решении неверно записан закон Ньютона для одного из тел, соединенных пружиной. По критерию 2 – 1 балл. Работа оценивается 1 баллом.

№30.

Дано:

$M = 0,8 \text{ кг}$,

$m = 0,4 \text{ кг}$,

$k = 80 \text{ Н/м}$,

$l = 0,1 \text{ м}$

$\mu = 0,2$

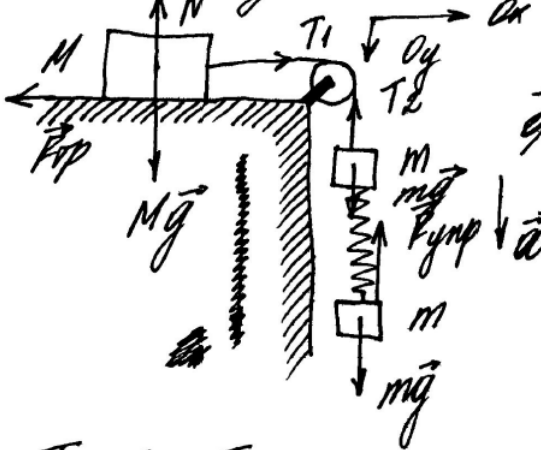
$l + d = ?$

Обоснование.

Рассмотрим систему тел, связанную с Землей. Тело состоит из этой системы тел и поверхности. Тело состоит из двух материальных точек, взаимодействующих друг с другом (предположим, что...

№30 (продолжение)

рассмотрим брусок. Брусок связан с землей и пружинкой. Брусок состоит из двух материальных точек, взаимодействующих друг с другом. Брусок состоит из двух материальных точек, взаимодействующих друг с другом. Брусок состоит из двух материальных точек, взаимодействующих друг с другом.



Запишем уравнения движения бруска относительно осей Ox и Oy.

Ox: $-F_{sp} + T_1 = Ma$
 Oy: $Mg - N = 0$
 $F_{упр} - mg = 2ma$
 $-Ma + T_1 = -T_2 + 2ma$
 $-Ma + 2T = 2ma$

$T_1 = T_2 = T$

Выразим T; $2T = 2ma + Ma$,

$T = \frac{2a(m+M)}{2} \Rightarrow T = a(m+M) \quad (1)$

Подставим (1) в (2), где $-F_{sp} + T = Ma \quad (2)$

$-F_{sp} + a(m+M) = Ma$

$-\mu N = Ma - a(m+M)$

$-\mu mg = a(M - (m+M))$

(продолжение следует)

W30 (продолжение)

$$- \mu mg = a(m - m - m)$$

$$- \mu mg = a(-m)$$

$$\mu mg = ma, \quad a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ м/с}^2$$

Передать наибольшей силой упругости пружины

$$F_{\text{упр}} = 2ma + mg$$

$$F_{\text{упр}} = 2m(a + g), \quad F_{\text{упр}} = 0,8(2 + 10) = 0,8 \cdot 12 = 9,6 \text{ Н}$$

Наибольшей упругости пружины d при движении брусков:

$$F_{\text{упр}} = k \Delta l = k(l + d), \quad (l + d) = \frac{F_{\text{упр}}}{k} = \frac{9,6 \text{ Н}}{80 \text{ Н/м}}$$

$$= \frac{9,6}{80} = 0,12 \text{ м} - \text{длина растянута́й пружины при движении брусков.}$$

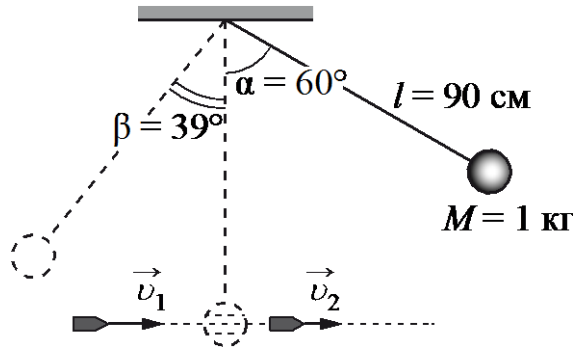
Ответ: длина растянута́й пружины при движении брусков равна 0,12 м или 12 см.

В обосновании отсутствует условие равенства ускорений тел. По критерию 1 – 0 баллов. В решении неверно записаны законы Ньютона для тел, связанных пружиной. По критерию 2 – 0 баллов. Работа оценивается 0 баллов.

Задание 3

Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол 60° и отпускают. В момент прохождения шара через положение равновесия в него попадает пуля, летящая навстречу шару, которая пробивает его и продолжает двигаться горизонтально (см. рисунок). Определите модуль изменения импульса пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол 39° . (Массу шара считать неизменной; диаметр шара – пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити; $\cos 39^\circ = \frac{7}{9}$.)

Соппротивлением воздуха пренебречь. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**



Возможное решение

Обоснование

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной.
2. Шар и пулю будем считать материальными точками, так как их размеры малы по сравнению с длиной нити.
3. При соударении для системы «пуля – шар» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (силы тяжести и сила натяжения нити) вертикальны.
4. При движении шара на нити вниз и вверх выполняется закон сохранения механической энергии, так как сопротивлением воздуха по условию задачи можно пренебречь, и работа силы натяжения нити равна нулю (эта сила в любой точке траектории перпендикулярна скорости тела).

Решение

По закону сохранения полной механической энергии для движения шара вниз с высоты H получим:

$$MgH = \frac{Mu^2}{2}, \text{ где } \cos \alpha = \frac{l - H}{l}.$$

Таким образом, скорость шара в нижней точке его траектории перед попаданием в него пули:

$$u = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}.$$

Согласно закону сохранения импульса имеем:

$$Mu - mv_1 = Mu' - mv_2, \text{ где } M \text{ и } m - \text{массы шара и пули соответственно.}$$

Изменение импульса пули:

$$\Delta p = mv_2 - mv_1 = M(u' - u).$$

Шар после попадания в него пули получит кинетическую энергию и поднимется на новую высоту, равную h . По закону сохранения полной механической энергии имеем:

$$\frac{Mu'^2}{2} = Mgh, \text{ где } \cos\beta = \frac{l-h}{l}.$$

Таким образом, $u' = \sqrt{2gl(1 - \cos\beta)}$.

В итоге имеем:

$$|\Delta p| = \left| M \left\{ \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)} - \sqrt{2gl(1 - \cos\beta)} \right\} \right| = \\ = \left| 1 \cdot \left(\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9(1 - \cos 60^\circ)} - \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9(1 - \cos 39^\circ)} \right) \right| = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Ответ: $|\Delta p| = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор ИСО, модель материальной точки, условия применимости законов сохранения импульса и сохранения механической энергии</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии для двух случаев</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.	2

И (ИЛИ)	
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<i>4</i>

3)

m - масса пули
 \vec{v}_3 - скорость шара до взаимодействия с пулей
 \vec{v}_4 - скорость шара после взаимодействия с пулей

до: после:

$$m\vec{v}_1 + M\vec{v}_3 = M\vec{v}_4 + m\vec{v}_2$$

$$x: m v_1 - M v_3 = m v_2 - M v_4$$

$$m v_1 - m v_2 = M v_3 - M v_4, \text{ где}$$

$$m v_1 - m v_2 = \Delta p \text{ (изменение импульса пули)}$$

Итак получаем:

$$\Delta p = M(v_3 - v_4) \quad (3)$$

4) До и после взаимодействия с пулей у шарика сохраняется энергия, так как на него действует потенциальная сила Mg и непотенциальная сила \vec{T} , работа которой равна нулю, так как $\vec{T} \perp \vec{v} \Rightarrow A_{\text{нетр}} = 0 \Rightarrow$ верен закон сохранения энергии.

5) По закону сохранения энергии для шара до взаимодействия с пулей: $E_{k1} = E_{p1}$, где $E_{k1} = \frac{Mv_3^2}{2}$; $E_{p1} = MgH$. $AB = l \cos \alpha$, значит,

нулевой уровень потенциальной энергии Mg $E_{p1} = 0$

$l = l \cos \alpha + H; \rightarrow H = l(1 - \cos \alpha)$. В итоге получаем:

$$\frac{Mv_3^2}{2} = -Mg l(1 - \cos \alpha)$$

$$v_3 = -\sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} \quad (1)$$

6) По закону сохранения энергии для шара радиуса r во взаимодействии: $E_{k2} = E_{p2}$, где $E_{k2} = \frac{Mv_4^2}{2}$; $E_{p2} = Mgh$. $AC = l \cos \beta$, значит, $l = l \cos \beta + h; \rightarrow h = l(1 - \cos \beta)$. В итоге получаем:

$$\frac{Mv_4^2}{2} = Mgl(1 - \cos \beta)$$

$$v_4 = \sqrt{2gl(1 - \cos \beta)} \quad (2)$$

7) Подставим (1) и (2) в (3):

$$\begin{aligned} \Delta p &= (-\sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} + \sqrt{2gl(1 - \cos \beta)}) \cdot M = \\ &= (-\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9(1 - \cos 60^\circ)} + \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9(1 - \frac{7}{9})}) \cdot 1 = \\ &= 1 \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right) - 5 \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right); |\Delta p| = 5 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}. \end{aligned}$$

~~Ответ: $\Delta p = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.~~

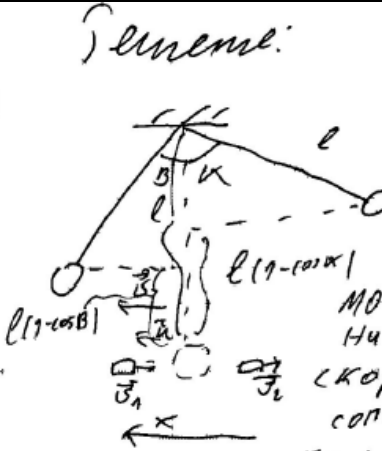
Ответ: $|\Delta p| = 5 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

В обосновании отсутствуют выбор ИСО, использование модели материальной точки, условие применимости закона сохранения импульса. По критерию 1 – 0 баллов. В решении допущена ошибка в математических преобразованиях при получении конечной формулы для изменения импульса, что привело к неверному ответу. По критерию 2 – 2 балла.

Работа 3.2 (K1 – 1, K2 – 3)

Дано: $M = 9(кг)$
 $l = 0,9(м)$
 $\alpha = 60^\circ$
 $\beta = 39^\circ$
 $\cos 39^\circ = \frac{4}{5}$
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$
 Найти:
 Аргумент?

Решение: Систему отсчета свяжем с Землей. Ее можно считать инерциальной. Шар и пулю можно считать материальными точками, т.к. их размерами можно пренебречь. П.к. сила натяжения нити \vec{T} всегда будет перпендикулярна скорости шарика $(\vec{T} \perp \vec{v}) \Rightarrow A_T = 0$ и силами сопротивления воздуха пренебрежем по условию, то для шара выполняется закон сохранения механической энергии.



Примем уровень потенциальной энергии равной 0 в положении равно весия. Тогда для отклонения на угол α ЗСЭ имеет вид: $Mgh = \frac{Mv^2}{2}$, где Mgh - потенциальная энергия, M - масса шара, h - высота падающей пули, она равна $h = l(1 - \cos \alpha)$, $\frac{Mv^2}{2}$ - кинетическая энергия шара в положении равновесия.

то $v^2 = 2gl(1 - \cos \alpha)$; $v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}$

Продолжения. В момент столкновения шара и пули их скорости направлены горизонтально, внутренне силы этой системы: сила отталкивания много больше ^{внешних} сил тяжести и сил натяжения нити, время взаимодействия очень мало и значит произошел абсолютно упругий удар, т.е. импульс системы шар-пуля сохранился, значит справедлив закон сохранения импульса. Запишем его на ось Ox .

$m u - m v_1 = M v - m v_2$, m, M - массы пули и шара соответственно, u - скорость ^{шара} до удара
 $m u - M v = m v_2 - m v_1$. v_1 - скорость пули после удара.
 $m v_2 - m v_1 = \Delta P_{пули}$, т.е. v_2 - пули (скорость пули)

$\Delta P_{пули} = M(u - v)$. Как и писал ранее для шара:

Выполняется закон сохранения энергии ввиду отсутствия работ не потенциальных сил, то

$$M \cdot g H = \frac{m v^2}{2} \text{ и т.д.}, \text{ где } M g H - \text{потенциальная энергия шара при отклонении, } H - \text{высота.}$$

$$v^2 = 2 g H = 2 g l (1 - \cos \alpha)$$

$v = \sqrt{2 g l (1 - \cos \alpha)}$. Вспомним, что $u = \sqrt{2 g l (1 - \cos \alpha)}$, то

$$\Delta P_{пули} = M (\sqrt{2 g l (1 - \cos \alpha)} - \sqrt{2 g l (1 - \cos \beta)}) =$$

$$= M \sqrt{2 g l} (\sqrt{1 - \cos \alpha} - \sqrt{1 - \cos \beta})$$

Продолжение: $\Delta P_{пули} = 1 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9} (\sqrt{1 - \cos 60^\circ} - \sqrt{1 - \cos 30^\circ}) =$
 $= 1 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9} (\sqrt{1 - \frac{1}{2}} - \sqrt{1 - \frac{\sqrt{3}}{2}}) = 1 \text{ (кВт} \cdot \frac{м}{с})$

Ответ: $\Delta P_{пули} = 1 \text{ (кВт} \cdot \frac{м}{с})$.

В обосновании приведены все необходимые элементы. По критерию 1 – 1 балл. В решении верно записаны все необходимые законы, проведены преобразования и расчеты, получен верный ответ. По критерию 2 – 3 балла. Работа оценивается в 4 балла.

Дано:

$M = 1 \text{ кг}$
 $l = 0,9 \text{ м}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $\beta = 39^\circ$

1) В точке A шарик пошлеше
 $E_n = Mgh_1$, где $h_1 = \cos(\alpha)l$
 $E_n = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,9 = 4,5 \text{ Дж}$

2) В точке B по закону сохранения энергии:

$E_{k.\text{шарик}} = E_{n.\text{шарик}}$ (сопротивление воздуха не учитывается)
 $\frac{Mv_1^2}{2} = Mgh_1$
 $v_1^2 = 9 \Rightarrow v_1 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - скорость шарика в точке B
 $\vec{p}_1 = \vec{v}_1 M = 3 \frac{\text{м} \cdot \text{кг}}{\text{с}}$ - импульс шарика в точке B

3) После столкновения с пружиной скорость шарика изменилась.
 В точке C шарик имел $E_n = 0$ и $E_n = Mgh_2$,
 где $h_2 = l - \cos(\beta) \cdot l \Rightarrow E_n = 10 \cdot (0,9 - \frac{7}{9} \cdot 0,9) = 2 \text{ Дж}$
 По закону сохранения энергии найдем скорость шарика после столкновения с пружиной.
 $\frac{Mv_2^2}{2} = 2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{4}{M}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\vec{p}_2 = \vec{v}_2 M = 2 \frac{\text{м} \cdot \text{кг}}{\text{с}}$

4) Запишем закон сохранения импульса:
 $\vec{p}_1 - \vec{p}_3 = \vec{p}_2 - \vec{p}_4$, где: p_3 - импульс пружины до столкновения
 p_4 - импульс пружины после столкновения
 $|p_4 - p_3| = |p_2 - p_1| = |2 - 3| = 1$

Ответ: модуль изменения импульса пружины $1 \frac{\text{м} \cdot \text{кг}}{\text{с}}$

Обоснование отсутствует. По критерию 1 – 0 баллов. В решении записаны все необходимые формулы, но присутствуют недочеты в математических преобразованиях (векторные величины приравниваются числовым значениям величины). По критерию 2 – 2 балла. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 3.4 (K1 – 0, K2 – 1)

<p>Дано</p> <p>$M = 1 \text{ кг}$</p> <p>$L = 0,9 \text{ м}$</p> <p>$\alpha = 60^\circ$</p> <p>$\beta = 39^\circ$</p> <p>$\cos 39^\circ = \frac{7}{9}$</p> <p>$\rho = ?$</p>	<p>Решение</p> <p>m_n — масса пули</p> <p>$\Delta p = m_n v_2 - m_n v_1$</p> <p>$v$ — скорость шара</p>	
--	--	--

Закон сохранения импульса, когда пуля попадает шар

$$m_n v_1 + M v = m_n v_2 + M v'$$

$$M v - M v' = m_n v_2 - m_n v_1$$

v' — скорость шара после столкновения.

$h = L - L \cos \alpha$

$h' = L - L \cos \beta$

ЗСЭ: $mgh = \frac{M v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$

Все полагения пули ЗСЭ для шарика

$$Mgh' = \frac{M v'^2}{2} \Rightarrow v' = \sqrt{2gh'}$$

$$M(\sqrt{2gh} - \sqrt{2gh'}) = \Delta p$$

$$\Delta p = M(\sqrt{2g(L - L \cos \alpha)} - \sqrt{2g(L - L \cos \beta)})$$

$$\Delta p = 1(\sqrt{2 \cdot 10(0,9 - 0,9 \cdot \cos 60^\circ)} - \sqrt{2 \cdot 10(0,9 - 0,9 \cdot \cos 39^\circ)}) = 1 \text{ кг} \cdot \text{с}$$

Ответ: $\Delta p = 1 \text{ кг} \cdot \text{с}$

Обоснование

1) Рассматриваем систему отсчета, связанную с Землей будем считать её инерциальной. (ИСО).

2) Так как движение шара прекратилось шар с движущимся вместе с использованием закона сохранения импульса.

3) Так как работа сторонних сил на ось x равно нулю, значит, используем закон сохранения импульса.

4) Так как работа контактных сил равна 0 ($A_T \perp \Delta S$, $A_n = 0 \text{ МД}$).

Точки опоры перпендикулярны перемещению $\Rightarrow (A_n = 0)$.

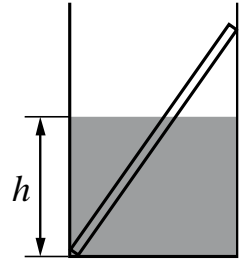
Таким образом закон сохранения энергии.

В обосновании отсутствует условие применения закона сохранения механической энергии. По критерию 1 – 0 баллов. В решении неверно записан закон сохранения импульса, но есть верные формулы для закона сохранения энергии и изменения импульса. По критерию 2 – 1 балл. Работа оценивается в 1 балл.

Задание 4

В гладкий высокий стакан радиусом 4 см поставили тонкую однородную палочку длиной 10 см и массой 1,8 г. До какой высоты h надо налить в стакан жидкость, плотность которой составляет 0,75 плотности материала палочки, чтобы модуль силы, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана, равнялся 0,008 Н? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Возможное решение

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем палочку моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны).
3. Поскольку палочка находится в покое относительно вращательного движения, сумма моментов внешних сил, действующих на неё, равна нулю относительно любой оси. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через левый нижний конец палочки. Относительно этой оси сумма моментов внешних сил, действующих на палочку, равна нулю в равновесии.
4. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми палочка и стакан взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

Решение

1. Высота конца палочки относительно дна стакана $H = \sqrt{l^2 - 4R^2} = \sqrt{0,1^2 - 4 \cdot 0,04^2} = 0,06$ м, где l – длина палочки, R – радиус стакана.

2. Модуль силы Архимеда

$$F_{\text{Арх}} = \rho_{\text{ж}} \left(\frac{h}{H} V \right) g = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h}{H} mg,$$

где V – объём палочки, ρ – её плотность, $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, m – масса палочки.

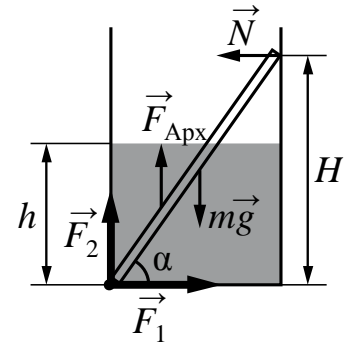
3. Поскольку палочка покоится, можно записать правило моментов так, чтобы исключить из него упоминание неизвестных сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , т.е. записать это правило относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через нижний конец палочки:

$$mgR - F_{\text{Арх}} \left(\frac{h}{2} \text{ctg} \alpha \right) - NH = 0, \text{ то есть}$$

$$mgR - mg \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h^2}{2H} \text{ctg} \alpha - NH = 0, \text{ где } \text{ctg} \alpha = \frac{2R}{H}.$$

4. По третьему закону Ньютона сила \vec{N} по модулю равна силе, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана. Следовательно,

$$h = \sqrt{2H \text{tg} \alpha \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - H \frac{N}{mg} \right)} = \sqrt{\frac{H^2}{R} \cdot \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - \frac{N}{mg} H \right)} =$$



$$= \sqrt{\frac{36 \cdot 10^{-4}}{0,04} \cdot \frac{1}{0,75} \left(0,04 - \frac{0,06 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10} \right)} = 0,04 \text{ м} = 4 \text{ см}.$$

Ответ: $h = 4$ см

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор ИСО, модель твёрдого тела, обоснование условия равновесия твёрдого тела</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон Архимеда, правило моментов, формула плотности тела, третий закон Ньютона</i>); II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на палочку; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.	1

Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	4

Работа 4.1 (К1 – 1, К2 – 2)

$h = ?$ $r = 0,04 \text{ м}$ $l = 0,1 \text{ м}$ $m = 0,0018 \text{ кг}$ $\rho = 0,75 \rho_{\text{ж}}$ $F = 0,008 \text{ Н}$	<p>Решение:</p> <p>1) Разложим задачу в ИСО, связанной с землей.</p> <p>2) Ткань гладкая, следовательно отсчетываем силы трения.</p> <p>3) Палочку можно считать жесткой, тогда можно применить условия равновесия: 1) Сумма сил, действующих на тело равна нулю; 2) Сумма моментов сил, действующих на тело равна нулю. Палочка однородная, значит масса сосредоточена в центре ее точки однородная, а центр тяжести находится в центре.</p> <p>Палочка покоится, поэтому $\vec{F}_A + m\vec{g} + \vec{N}_n + \vec{N}_y + \vec{F}_x = 0$</p> <p>Палочка не вращается, значит сумма моментов относительно любой точки равна нулю.</p> <p>Относительно точки O: $F_A \frac{l}{2} \cos \alpha + N_n l \sin \alpha - m g \frac{l}{2} \cos \alpha = 0$, l - длина погруженной части,</p>
---	---

N_n - сила нормальной реакции опоры наклонной плоскости. По III закону Ньютона $N_n = F$.

$$2 N_n l \sin \alpha = \cos \alpha (-\rho \pi y d b^2 + mg l) = g \cos \alpha (\rho \pi y d l^2 - \frac{4}{3} \rho d b^2) =$$

$$= \rho g d \cos \alpha (l^2 - \frac{4}{3} b^2), \quad l - \text{площадь поперечного сечения проволоки.}$$

$$l^2 - \frac{4}{3} b^2 = \frac{2 N_n l \tan \alpha}{\rho g d}$$

$$\frac{4}{3} b^2 = \frac{\rho g d l^2 - 2 N_n l \tan \alpha}{\rho g d} = \frac{l(mg l - 2 N_n l \tan \alpha)}{\rho g d} = \frac{l^2 (mg - 2 N_n \tan \alpha)}{\rho g d}$$

$$b = l \sqrt{\frac{3(mg - 2 N_n \tan \alpha)}{4 \rho g d}} = 0,5 l \sqrt{\frac{3(mg - 2 N_n \tan \alpha)}{mg}} = 0,5 l \sqrt{\frac{3(mg - 2 F \tan \alpha)}{mg}}$$

$$\tan \alpha = \frac{2v}{\sqrt{l^2 - 4v^2}}$$

$$b = 0,5 l \sqrt{\frac{3(mg - F \frac{4v^2}{l^2 - 4v^2})}{mg}} = 0,5 \cdot 0,1 \text{ м} \sqrt{\frac{3(18 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 - 0,008 \text{ Н} \frac{4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{10^{-4} \text{ м}^2 - 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2})}{18 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}}$$

$$= 0,05 \text{ м} \sqrt{\frac{3(18 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 - 0,008 \text{ Н} \cdot 0,06 \text{ м})}{18 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}} = 0,05 \text{ м} \sqrt{\frac{3 \cdot 8 \cdot 24 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}}{42 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}}} = 0,05 \text{ м}$$

Ответ: $b = 0,05 \text{ м}$.

В обосновании представлены все необходимые элементы. По критерию 1 – 1 балл. В решении допущена ошибка в преобразованиях (при подстановке значения плотности), что привело к неверному ответу. По критерию 2 – 2 балла. Работа оценивается в 3 балла.

Работа 4.2 (K1 – 0, K2 – 1)

$R = 0,04 \text{ м.}$
 $L = 0,1 \text{ м.}$
 $m = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$
 $\rho_{\text{ж}} = 0,75 \rho_{\text{н.}}$
 $N = 0,008 \text{ Н.}$
 $h = ?$

1. Систему отсчета, связанную с Землей примем за инерциальную.

2. Палочка является однородной, поэтому для нее будет выполняться моментное равновесие.

3. Стенки сосуда гладкие, поэтому трение о них отсутствует и следовательно сила реакции опоры в правой стенке будет направлена перпендикулярно стенке.

4. Из треугольника OAB: $\cos \alpha = \frac{2R}{L} = \frac{2 \cdot 0,04}{0,1} = 0,8$. По основному тригонометрическому соотношению: $\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = 0,6$.

Запишем моментное равновесие для палочки относительно точки O. Сила реакции опоры N_0 от стенки относительно точки O стает равно нулю и равновесие примет такой вид:

$N \cdot L_N + F_A \cdot L_A = mg \cdot L_T$ Точка моментов сил равна:

- для силы Архимеда: $L_A = L_{\text{пог}} \cdot \cos \alpha$; $\sin \alpha = \frac{h}{L_{\text{пог}}} \Rightarrow L_{\text{пог}} = \frac{h}{\sin \alpha}$
 $= \frac{h \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{h \cdot 0,8}{2 \cdot 0,6} = h \cdot \frac{2 \cdot 0,8}{1,2} = \frac{h \cdot 2}{1,2}$
- для силы тяжести: $L_T = \frac{L}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{0,1}{2} \cdot 0,8 = 0,04 \text{ м.}$
- для силы реакции опоры $N \cdot L_N = L \cdot \sin \alpha = 0,1 \cdot 0,6 = 0,06 \text{ м.}$

$F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{пог}} = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot \frac{m}{\rho_{\text{н.}}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{н.}} \cdot g \cdot \frac{m}{\rho_{\text{н.}}} = 0,75 \cdot g \cdot m = 0,75 \cdot 10 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} = 0,0135 \text{ Н.}$

$0,008 \cdot 0,06 + 0,0135 \cdot h \cdot \frac{0,8}{1,2} = 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,04$

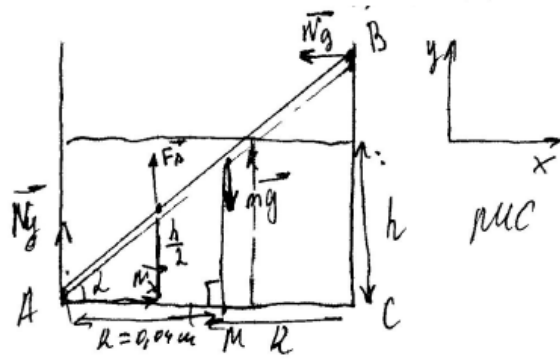
$9 \cdot 10^{-3} \cdot h = 7,2 \cdot 10^{-4} - 4,8 \cdot 10^{-4}$

$h = \frac{2,4 \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^{-3}} \approx 0,03 \text{ м.}$ Ответ: 0,03 м.

В обосновании отсутствуют указания на модель абсолютно твердого тела и третий закон Ньютона. По критерию 1 – 0 баллов. В решении допущена ошибка в формуле для силы Архимеда (при определении объема погруженной части палочки), что привело к неверному ответу. По критерию 2 – 1 балл. Работа оценивается в 1 балл.

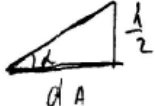
Работа 4.3 (K1 - 1, K2 - 1)

$R = 0,04 \text{ м}$
 $l = 0,1 \text{ м}$
 $m = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$
 $\rho_{\text{ж}} = 0,75 \rho_{\text{н}}$
 $|F_g| = 0,008 \text{ Н}$
 $h = ?$

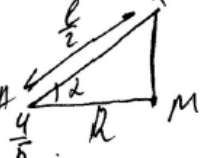


1) Две сферы висят на нити в УОД равновесие. Моменты от н.т.А:

$(*) F_A \cdot d_A + N_g \cdot d_g = mg \cdot d_{mg}$
 так как $d_{mg} = R = \frac{1}{2} A l$ (т.к. mg действует из центра)

2) так как:  $\text{ctg } \alpha = \frac{R}{d_A} \Rightarrow d_A = \frac{R}{\text{ctg } \alpha}$

$d_g = l \sin \alpha$
 $F_A \cdot \frac{R}{\text{ctg } \alpha} + N_g \cdot l \sin \alpha = mg \cdot R$

3)  $\Rightarrow \frac{l}{2} \cos \alpha = R \Rightarrow$
 $\Rightarrow R = \cos \alpha = \frac{2R}{l} = \frac{2 \cdot 0,04}{0,1} = \frac{4}{5}$; по ОТТ: $\sin \alpha = \sqrt{\frac{25}{25} - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$
 $\Rightarrow \text{ctg } \alpha = \frac{4}{3}$

4) $F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{н}} = \rho_{\text{ж}} g S \cdot h = 0,75 \rho_{\text{н}} g S \cdot h$
 из подобия треугольников:

$\frac{h}{H} = \frac{3}{5} = \sin \alpha \Rightarrow h = \frac{3}{5} H \Rightarrow F_A = 0,75 \cdot \rho_{\text{н}} g S \cdot \frac{3}{5} H$

$F_A = 0,45 \rho_{\text{н}} g S H$; $\rho_{\text{н}} g S H = mg \Rightarrow F_A = 0,45 mg$
 $0,45 mg \cdot \frac{4}{3} \text{ctg } \alpha + N_g \cdot l \sin \alpha = mg \cdot R$

$0,45 mg \cdot \frac{4}{3} \text{ctg } \alpha = mg R - N_g l \sin \alpha$
 $\frac{4}{3} = \frac{mg R - N_g l \sin \alpha}{0,45 mg \text{ctg } \alpha}$

$h = \frac{2 (mg R - N_g l \sin \alpha)}{0,45 mg \text{ctg } \alpha}$ проверить а.н. на шаг. и.м.е

по 3-й оси 3-й закон Ньютона.
 $\vec{F}_g = -\vec{N}_g$; $|\vec{F}_g| = |\vec{N}_g|$, тогда

$$h = \frac{2 \left(1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,04 - 0,008 \cdot 0,1 \cdot \frac{3}{5} \right)}{0,45 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \frac{4}{3}}$$

$$h = 0,044 \text{ м} \quad \text{Ответ } 0,044 \text{ м}$$

Обоснование:

1) Задачу будем решать в ш-м отчета, связанной с землей. Будем считать ее инерциальной (и со)

2) Т.к. в процессе задачи тела не меняют свои размеры и свою форму, то используем для них модель твердого тела.

3) Рассмотрим правую сторону относительно оси перпендикулярной рисунку и проходящей через точку А. — одно из условий равновесия для твердого тела (относительно произвольной оси).

4) В [2] определим ~~критерий~~ ~~требования~~ ~~милли~~ ~~мм~~.

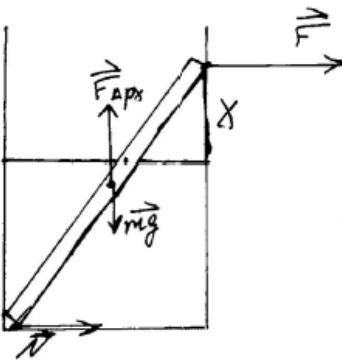
5) По 3-й оси 3-й закон Ньютона.

$$\vec{F}_g = -\vec{N}_g \Rightarrow |\vec{F}_g| = |\vec{N}_g|$$

6) Т.к. палочка однородная, то сила тяжести будет действовать из ее середины, а сила Архимеда из середины погруженной части.

В обосновании указаны все необходимые элементы. По критерию 1 – 1 балл. В решении допущена ошибка в формуле для силы Архимеда, что привело к неверному ответу. По критерию 2 – 1 балл. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 4.4 (K1 – 0, K2 – 0)

<p>Дано:</p> <p>$R = 4 \text{ см}$</p> <p>$l = 10 \text{ см}$</p> <p>$\rho_{\text{ст}} = 0,75 \text{ г/см}^3$</p> <p>$F = 0,008 \text{ Н}$</p> <p>$m = 1,82$</p> <p>$g = 10 \text{ м/с}^2$</p> <p>$h = ?$</p>	<p>Решение:</p>  <p> $x = \sqrt{l^2 - (hR)^2} = \sqrt{100 - 64} = \sqrt{36} = 6 \text{ см} \Rightarrow M_F = F(h - h_0)$ $M_N = N \cdot h$ </p> <p>1) Примем ганцию систему отсчета в системе отсчета Земли. Будем считать ганцию систему отсчета инерциальной (ИСО).</p> <p>2) Примем ганное тело, или модель твердого тела, т.е. оно не меняет свой размер и расстояния от точки тела не меняются.</p> <p>3) Дадим системе тел возможность находиться в равновесии $\Rightarrow F_p = 0; M_i = 0$, т.е. тело не совершает поступательного д-а и вращательного, т.е. для поступательного: $F_i = 0$, а для вращательного $M_i = 0$.</p>
--	--

Т.к тело находится в покое, то: $\vec{F}_p = 0 \Rightarrow \vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{арх}} = 0$

Принимая проекции этих сил в ось Ox и Oy :

$$Ox: F = -N$$

$$Oy: mg = F_{\text{арх}}; \quad mg = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{н.з}} \Rightarrow V_{\text{н.з}} = \frac{mg}{\rho_{\text{ж}} \cdot g} \Rightarrow \frac{0,008 \cdot 10}{0,75} \Rightarrow 0,01066 \text{ м}^3$$

$$m = \rho_{\text{н}} \cdot V \Rightarrow V = \frac{m}{\rho_{\text{н}}}$$

$$M_c = 0: F(6-h) - N \cdot h + \frac{mg \cdot l}{2} + \frac{\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{н.з}} \cdot l}{2} = 0$$

$$F \cdot h + N \cdot h = +F \cdot 6 + \frac{mg \cdot l}{2} + \frac{\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{н.з}} \cdot l}{2} \Rightarrow h = \frac{F \cdot 6 + \frac{mg \cdot l}{2} + \frac{\rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{н.з}} \cdot l}{2}}{(F + N)}$$

$$\geq \frac{0,008 \cdot 6 + \frac{10 \cdot 0,1 \cdot 0,1}{2} + \frac{0,75 \cdot 0,01066 \cdot 0,1}{2}}{2 \cdot 0,008 \text{ Н}} = \frac{0,008 \cdot 6 + 0,5 \cdot (2 \cdot 10^{-4})}{2 \cdot 0,008 \text{ Н}}$$

$$= \frac{0,048 + 9 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,008} = \frac{(48 + 9) \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,008} = 3312 \cdot 10^{-3} = 3,312 \text{ м} \approx 3 \text{ см}$$

Ответ: ~~h = 3 см.~~ $h = 3 \text{ см.}$

В обосновании отсутствует указание на третий закон Ньютона. По критерию 1 – 0 баллов. В решении допущена ошибка в определении сил, действующих на палочку, соответственно, неверно записаны исходные уравнения. По критерию 2 – 0 баллов. Работа оценивается в 0 баллов.

3.5. Примеры оценивания целых работ

Вариант

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

21

На рис. 1 приведена зависимость концентрации n идеального одноатомного газа от его давления p в процессе 1–2–3. Количество вещества газа постоянно. Постройте график этого процесса в координатах p – V (V – объём газа). Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на рис. 2. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

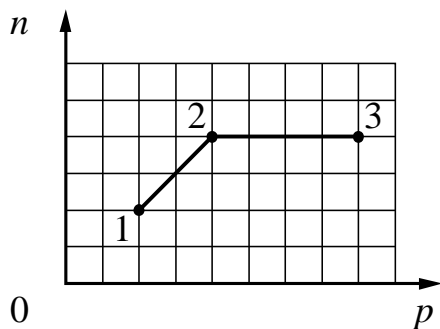


Рис. 1

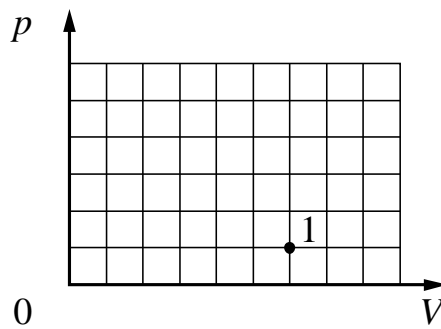
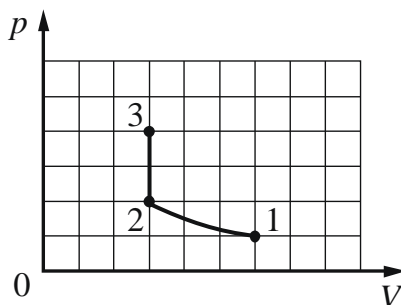


Рис. 2

Возможное решение

1. График процесса в координатах p – V имеет следующий вид.



2. Концентрация газа обратно пропорциональна его объёму: $n = \frac{N}{V}$, где N – число молекул

газа. На участке 1–2 давление прямо пропорционально концентрации газа ($\frac{p}{n} = \text{const}$), а так как $p = nkT$, то $T = \text{const}$, то есть процесс изотермический. В этом случае при $N = \text{const}$ выполняется закон Бойля – Мариотта: $pV = \text{const}$. Так как концентрация увеличивается в 2 раза, то объём газа в 2 раза уменьшается, а давление в 2 раза увеличивается.

В координатах p – V график является гиперболой.

3. На участке 2–3 концентрация постоянна, значит, при $N = \text{const}$ объём газа не меняется, процесс является изохорным нагреванием, в котором давление увеличивается в 2 раза (см. рисунок в условии). В координатах p – V график является отрезком вертикальной прямой

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: *приведён схематический рисунок, изображающий график процесса, п. 1*), и полное верное объяснение (в данном случае: *п. 2, 3*) с указанием наблюдаемых явлений

3

и законов (в данном случае: <i>связь между концентрацией газа и его объёмом, зависимость давления газа от его концентрации и температуры, закон Бойля – Мариотта</i>)	
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

За последние 200 с прямолинейного движения перед остановкой модуль скорости поезда уменьшился на 10 м/с. Определите путь, пройденный поездом за это время. Ускорение поезда считать постоянным.

Возможное решение	
<p>1. Модуль ускорения поезда на всём пути до остановки является постоянной величиной, равной</p> $a = \frac{v^2}{2s}, \quad (1)$ <p>где v – скорость поезда в начале последнего участка пути, а s – длина этого участка пути.</p> <p>2. Модуль изменения скорости на этом участке пути:</p> $\Delta v = v = at. \quad (2)$ <p>3. Решив уравнения (1) и (2), получим выражение для пути:</p> $s = \frac{vt}{2} = \frac{10 \cdot 200}{2} = 1000 \text{ м.}$ <p>Ответ: $s = 1000$ м</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>кинематические формулы для ускорения поезда при его равноускоренном движении и изменения скорости на последнем участке пути перед остановкой</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

- 23** Заряженная частица с массой $m = 1,6 \cdot 10^{-25}$ кг и зарядом q движется по окружности радиусом $R = 0,4$ м перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного магнитного поля с индукцией $B = 0,5$ Тл. Кинетическая энергия частицы $W = 8 \cdot 10^{-14}$ Дж. Найдите заряд данной частицы, считая его положительным. Релятивистскими эффектами пренебречь.

Возможное решение	
<p>1. По второму закону Ньютона сила Лоренца определяет центростремительное ускорение частицы при её движении по окружности в магнитном поле:</p> $F_{\text{л}} = ma_{\text{ц}}, F_{\text{л}} = qBv, a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}, \quad (1)$ <p>где $F_{\text{л}}$ – сила Лоренца, $a_{\text{ц}}$ – центростремительное ускорение, v – линейная скорость частицы.</p> <p>2. Кинетическая энергия частицы:</p> $W = \frac{mv^2}{2}. \quad (2)$ <p>Объединив формулы (1) и (2), получим:</p> $q = \frac{\sqrt{2mW}}{RB} = \frac{\sqrt{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-25} \cdot 8 \cdot 10^{-14}}}{0,4 \cdot 0,5} = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$ <p>Ответ: $q = 8 \cdot 10^{-19}$ Кл</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение</u> которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае:</p>	2

<p>формулы силы Лоренца, кинетической энергии и центростремительного ускорения, второй закон Ньютона);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	2

Влажный воздух находится в вертикальном гладком цилиндрическом сосуде под невесомым поршнем с площадью S . На поршень медленно насыпают песок. На стенках сосуда появляется роса, если масса песка становится равной m . Температура влажного воздуха в сосуде поддерживается постоянной. Снаружи сосуда давление воздуха равно нормальному атмосферному давлению p_0 . Определите первоначальную относительную влажность воздуха в сосуде.

Возможное решение

1. Относительная влажность воздуха определяется отношением давления водяного пара p_1 к давлению насыщенных паров воды $p_{\text{нас}}$ при той же температуре:

$$\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{нас}}}.$$

2. В начальном состоянии давление в сосуде под невесомым поршнем равно атмосферному давлению p_0 .

3. Если масса поршня вместе с песком становится равна m , то давление в цилиндре под поршнем равно $p_0 + \frac{mg}{S}$, а относительная влажность воздуха – 100 %.

4. Температура влажного воздуха в процессе не меняется, следовательно, в соответствии с законом Бойля – Мариотта:

$$p_0 V_1 = \left(p_0 + \frac{mg}{S} \right) V_2 \quad \text{– для влажного воздуха;}$$

$$p_{\text{п}} V_1 = p_{\text{нас}} V_2 \quad \text{– для водяного пара.}$$

Здесь V_1 и V_2 – соответственно начальный и конечный объёмы сосуда.

Преобразуя записанные соотношения, получаем выражение для искомой относительной влажности воздуха:

$$\varphi = \frac{Sp_0}{mg + Sp_0}.$$

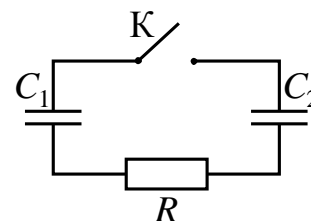
Ответ: $\varphi = \frac{Sp_0}{mg + Sp_0}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон Бойля – Мариотта, определение относительной влажности воздуха, условие равновесия поршня</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<i>Максимальный балл</i>	3

25

Конденсатор C_1 заряжен до напряжения $U = 300$ В и включён в последовательную цепь из резистора $R = 300$ Ом, незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа К (см. рисунок). После замыкания ключа в процессе перезарядки конденсаторов в цепи выделяется количество теплоты $Q = 30$ мДж. Чему равна ёмкость конденсатора C_1 ?



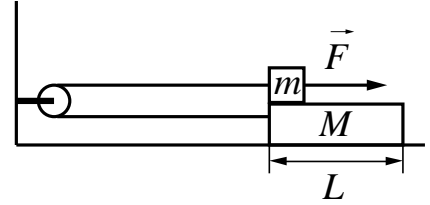
Возможное решение

1. Первоначальный заряд конденсатора C_1 : $q = C_1 U$.
2. В результате перезарядки на конденсаторах устанавливается одинаковое напряжение, так как ток в цепи прекращается ($I = 0$), и поэтому напряжение на резисторе $U_R = IR = 0$. Поэтому конденсаторы можно считать соединёнными параллельно. Тогда их общая ёмкость $C_0 = C_1 + C_2$.

<p>3. По закону сохранения заряда суммарный заряд конденсаторов $q = C_1U$.</p> <p>4. Начальная энергия конденсаторов $W_1 = \frac{C_1U^2}{2}$, конечная энергия $W_2 = \frac{q^2}{2C_0} = \frac{(C_1U)^2}{2(C_1 + C_2)}$. По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях: $Q = \frac{C_1U^2}{2} - \frac{(C_1U)^2}{2(C_1 + C_2)}$.</p> <p>Отсюда получаем:</p> $C_1 = \frac{2QC_2}{C_2U^2 - 2Q} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 300^2 - 2 \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 10^{-6} \text{ Ф.}$ <p>Ответ: $C_1 = 1 \text{ мкФ}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для заряда конденсатора, закон сохранения заряда, выражение для энергии конденсатора, ёмкость параллельно соединённых конденсаторов и закон сохранения энергии</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p>	1

<p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<i>3</i>

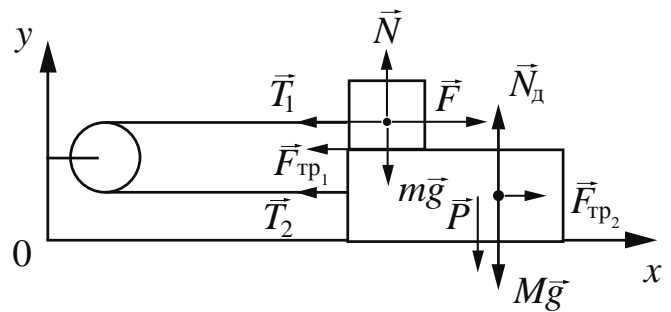
На гладком горизонтальном столе лежит доска массой $M = 1$ кг и длиной $L = 50$ см. На левом краю доски находится маленький брусок массой $m = 200$ г. Брусок и доска связаны невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый гладкий блок, закреплённый на стене (отрезки нити, не лежащие на блоке, горизонтальны). Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,2$. Брусок начинают тянуть вправо горизонтальной силой $F = 1,2$ Н. Через какое время t после начала движения брусок соскользнет с доски? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**



Возможное решение

Обоснование

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью стола. Будем использовать второй закон Ньютона для материальных точек, так как брусок и доска движутся поступательно. Трением о воздух пренебрежём. Силы, действующие на тела, постоянны, движение бруска и доски равноускоренное. На рисунке показаны силы, действующие на брусок,



и силы, действующие на доску. Так как нить нерастяжима, ускорения бруска и доски направлены горизонтально, равны по модулю и противоположны по направлению:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a, \quad \vec{a}_1 = -\vec{a}_2. \quad (1)$$

Так как блок и нити невесомы, трения в блоке нет, то силы натяжения нити, действующие на доску и брусок, одинаковы:

$$\vec{T}_1 = \vec{T}_2 = \vec{T}. \quad (2)$$

Силы трения, действующие на брусок и доску, равны друг другу по модулю и противоположны по направлению согласно третьему закону Ньютона:

$$F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}2} = F_{\text{тр}}, \quad \vec{F}_{\text{тр}1} = -\vec{F}_{\text{тр}2}. \quad (3)$$

Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy выбранной системы координат. С учётом (1)–(3) получим:

$$ma = F - F_{\text{тр}} - T,$$

$$-Ma = F_{\text{тр}} - T,$$

$$N = mg.$$

Вычтя второе уравнение из первого, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{F - 2F_{\text{тр}}}{M + m}.$$

Учитывая, что $F_{\text{тр}} = \mu N$, получим:
$$a = \frac{F - 2\mu mg}{M + m}.$$

2. Брусок соскользнёт с доски, когда доедет до её правого края, то есть когда сумма расстояний, пройденных доской и бруском, будет равна L :

$$\frac{at^2}{2} + \frac{at^2}{2} = L.$$

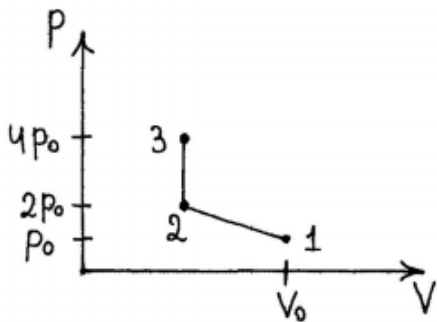
3. Окончательно получим: $t = \sqrt{\frac{L}{a}} = \sqrt{\frac{L(M+m)}{F-2\mu mg}} = \sqrt{\frac{0,5 \cdot (1+0,2)}{1,2-2 \cdot 0,2 \cdot 0,2 \cdot 10}} \approx 1,2 \text{ с.}$

Ответ: $t \approx 1,2 \text{ с}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>инерциальная система отсчёта, материальная точка, равенство сил натяжения нити и ускорений тел, равенство модулей силы трения, действующих на доску и брусок</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, выражение для силы трения скольжения, кинематические соотношения</i>); II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на тела; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)	2

<p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<p><i>Максимальный балл</i></p>	4

Работа 1



№ 21

~~$$m = \mu \cdot \nu$$

$$\left. \begin{array}{l} \mu = \text{const} \\ \nu = \text{const} \end{array} \right\} \Rightarrow m = \text{const}$$

$$n = \frac{N}{V}$$~~

$$N = \nu \cdot N_A$$

$$\nu = \text{const} \Rightarrow N = \text{const} \Rightarrow n \sim \frac{1}{V} \Rightarrow V \sim \frac{1}{n}$$

В процессе 1-2

$$p_2 = 2p_1$$

$$n_2 = 2n_1 \Rightarrow V_2 = \frac{1}{2} V_1$$

В процессе 2-3

$$p_3 = 2p_2$$

$$n_3 = n_2 \Rightarrow V_3 = V_2$$

Дано:

$$v_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t = 200 \text{ с}$$

$$S = ?$$

№ 22

Решение:

$$S = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot t = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2} \cdot 200 \text{ с} = 1000 \text{ м}$$

Ответ: 1000 м

№ 23

<p>Дано:</p> <p>$m = 1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$</p> <p>$R = 0,4 \text{ м}$</p> <p>$\angle L = 90^\circ$</p> <p>$B = 0,5 \text{ Тл}$</p> <p>$W_k = 8 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$</p> <hr/> <p>$q = ?$</p>	<p>№23 Решение:</p> <p>$F_u = ma$</p> <p>$a = \frac{v^2}{R}$</p> <p>$W_k = \frac{mv^2}{2}$</p> <p>$v^2 = \frac{2W_k}{m}$ $v = \sqrt{\frac{2W_k}{m}}$</p> <p>$a = \frac{2W_k}{mR}$</p> <p>$F_u = B \cdot v \cdot q \cdot \sin L$</p> <p>$B \cdot v \cdot q \cdot \sin L = m \cdot \frac{v^2}{R}$</p> <p>$q = \frac{m \cdot \sqrt{\frac{2W_k}{m}}}{R \cdot B \cdot \sin L} = \frac{1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-14}}{1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг}}}}{0,4 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ Тл} \cdot 1} = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$</p> <p>Ответ: $8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$</p>
<p>Дано:</p> <p>S</p> <p>m</p> <p>T = const</p> <p>p_0</p> <hr/> <p>$p_1 = ?$</p>	<p>№24</p> <p>Решение:</p> <p>$p_1 = p_0$</p> <p>$p_2 = p_0 + \frac{mg}{S}$</p> <p>$p_2 = p_H$</p> <p>$p_1 = \frac{p_2}{2} = \frac{p_0 + \frac{mg}{S}}{2}$</p> <p>Ответ: $\frac{p_0 + \frac{mg}{S}}{2}$ $\frac{p_0}{2}$</p>

Дано:

$M = 1 \text{ кг}$

$L = 0,5 \text{ м}$

$m = 0,2 \text{ кг}$

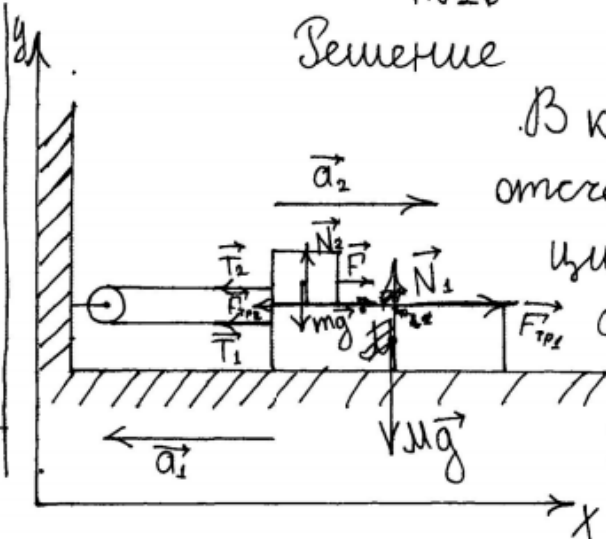
$v_0 = 0 \text{ м/с}$

$\mu = 0,2$

$F = 1,2 \text{ Н}$

$t = ?$

Решение



В качестве системы отсчета выберем инерциальную систему, связанную с Землей.

Примем тела за материальные

точки, т.к. они движутся поступательно.

П.к. нить невесома и нерастяжима, а блок невесомый и гладкий $T_1 = T_2 = T$ и $a_1 = a_2 = a$.

По II закону Ньютона; П.к. стол гладкий, пренебрежем силой трения между доской и столом.

По II закону Ньютона

$$M\vec{a} = M\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр1} + \vec{T}$$

По оси OX:

$$-Ma = F_{тр1} - T$$

По II закону Ньютона

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{тр2} + \vec{T}$$

По оси OY:

$$0 = N_2 - mg$$

$$N_2 = mg = 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 2 \text{ Н}$$

$$F_{\text{ТР}2} = \mu N_2 = 0,2 \cdot 2 \text{ Н} = 0,4 \text{ Н}$$

По III закону Ньютона То оси OX:

$$F_{\text{ТР}1} = F_{\text{ТР}2} \quad ma = F - T - F_{\text{ТР}2}$$

$$T = F_{\text{ТР}1} + Ma$$

$$ma = F - F_{\text{ТР}1} - Ma - F_{\text{ТР}2}$$

По III закону Ньютона

$$F_{\text{ТР}1} = F_{\text{ТР}2}$$

$$ma = F - Ma - 2F_{\text{ТР}2}$$

$$a = \frac{F - 2F_{\text{ТР}2}}{m + M} = \frac{1,2 \text{ Н} - 2 \cdot 0,4 \text{ Н}}{0,2 \text{ кг} + 1 \text{ кг}} = \frac{1}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$L = S_{1x} - S_{2x} = \cancel{v_0 t} + \frac{at^2}{2} - \cancel{v_0 t} + \frac{at^2}{2} = at^2$$

$$t^* = \sqrt{\frac{L}{a}} = \sqrt{\frac{0,5 \text{ м}}{\frac{1}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} \approx 1,2 \text{ с}$$

Ответ: 1,2 с

~~Дано:~~

~~$$U_1 = 300 \text{ В}$$~~

~~$$R = 300 \text{ Ом}$$~~

~~$$C_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$$~~

~~$$Q = 0,03 \text{ Дж}$$~~

~~Решение:~~

~~№ 25~~

Оценивание

21	22	23	24	25	26
1	2	2	0	0	0 2

23) Дано:
 $m = 1,0 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$
 $R = 0,4 \text{ м}$
 $\alpha = 90^\circ$
 $B = 0,5 \text{ Тл}$
 $W_k = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

$q = ?$

Решение

$$W_k = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow mv^2 = 2W_k, \text{ а } v^2 = \frac{2W_k}{m} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{2W_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-19}}{1,0 \cdot 10^{-25}}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 10^{-19}}{10^{-25}}} = \sqrt{16 \cdot 10^6} = 4 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

Заменим в формуле закона Лоренца:

$$F_n = ma_y \Rightarrow Bqv \sin \alpha = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow Bq \sin 90^\circ = \frac{mv}{R} \Rightarrow$$

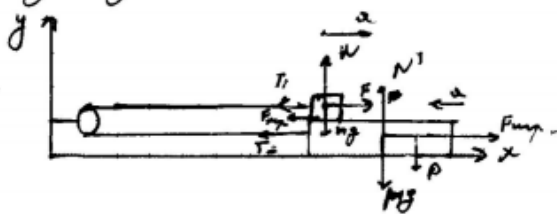
$$\Rightarrow Bq \cdot R = mv \Rightarrow q = \frac{mv}{BR} = \frac{1,0 \cdot 10^{-25} \cdot 4 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 0,4} = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Ответ: $8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$

26) Дано:
 $M = 1 \text{ кг}$
 $L = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$
 $m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$
 $\mu = 0,2$
 $F = 1,2 \text{ Н}$
 $t = ?$

Решение:

Сначала рисуем и рассчитываем силы, действующие на тела:



F_{mp} у тела m и F_{mp}' у тела M направлены в противоположные стороны по закону Ньютона

Трение возникает с увеличением a и v и a v увеличивается a v a v .

Заменим в формуле закона Ньютона для тела m :

$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{mp} + \vec{T}_1 + \vec{F} = m\vec{a}$$

спроецируем на ось Oy : $N - mg = 0$ По закону Ньютона-Ампера:
 $N = mg$ $F_{mp} = \mu N = \mu mg$.

спроецируем на ось Ox : $-F_{mp} - T_1 + F = Ma \Rightarrow T_1 = F - \mu mg - Ma$

заменим в формуле закона Ньютона для тела M :

$$N' + Mg + P + F_{mp}' + T_2 = Ma$$

спроецируем на ось Ox : $F_{mp}' - T_2 = Ma \Rightarrow T_2 = F_{mp}' - Ma$

$\Gamma_1 = \Gamma_2$, т.к. имеет невесомая и не взаимодействует.
 \Downarrow $F - \mu mg - ma = F_{\text{упр}} - Ma$ для невесомой струны

$$F - \mu mg - ma = \mu mg - Ma$$

$$2\mu Ma - ma = 2\mu mg - F$$

$$a(M-m) = 2\mu mg - F \Rightarrow a = \frac{2\mu mg - F}{M-m} = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 0,2 \cdot 10 - 1,2}{1 - 0,2} = -0,5 \cdot 10^2$$

при положительном L берем $a = 0,5 \cdot 10^2$, т.к. "-" означает движение за направлением

Чтобы брусок соскользнул с доски он должен пройти расстояние L , но т.к. одновременно струна сжимается доска также все ускоренно, то брусу надо пройти расстояние $\frac{L}{2}$. Начальная скорость бруса 0 м/с.

$$\frac{L}{2} = v_0 t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow L = at^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{L}{a}} = \sqrt{\frac{0,5}{0,5}} = 1 \text{ с.}$$

~~Обоснование:~~ Обоснование: брусок и доска движутся относительно поверхности, принимаем их за материальные точки. Рассмотрим их движение в системе отсчета "Земля". Это инерциальная, значит в ней работает закон классики, применим ис. Тело невесомое и взаимодействует с доской невесомой без трения, значит по всей длине имеет ~~то же~~ одинаковое ускорение a и сила натяжения струны T , также т.к. струна не растягивается и доска ~~не~~ невесомая ~~и не взаимодействует~~ со струной, то струна имеет одно ускорение.

25) Дано:
 $U = 300 \text{ В}$
 $R = 300 \text{ Ом}$
 $C_2 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 $Q = 30 \text{ мкКл} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$
 $C_1 = ?$

Решение:
 По ~~закону~~ закону сохранения энергии, также напряжение на конденсаторах равно напряжению источника: закон сохранения заряда:

$q = q_1 + q_2$, где q - заряд на C_1 до перезарядки, q_1 - заряд на C_1 после перезарядки, q_2 - заряд на C_2 после перезарядки.
 Величина зарядов в процессе $q = C_1 u$.

$C_1 u = C_1 u' + C_2 u'$, u' - электростатическое напряжение после перезарядки.

$$C_1 u = u' (C_1 + C_2) \Rightarrow u' = \frac{C_1 u}{C_1 + C_2}$$

Заменим закон сохранения энергии:

$W_1 + A_{\text{век}} + A_{\text{вн}} = W_2 + Q$, W_1 - энергия до перезарядки, W_2 - энергия после перезарядки:

$$\frac{C_1 u^2}{2} \neq 0 + 0 + \frac{C_1 u'^2}{2} + \frac{C_2 u'^2}{2} + Q \Rightarrow \frac{C_1 u^2}{2} = \frac{u'^2 (C_1 + C_2)}{2} + Q$$

$$\frac{C_1 u^2}{2} = \frac{C_1^2 u^2 (C_1 + C_2)}{2(C_1 + C_2)^2} + Q \Rightarrow \frac{C_1 u^2}{2} \pm \frac{C_1^2 u^2}{2(C_1 + C_2)} + Q$$

$$C_1 u^2 (C_1 + C_2) = C_1^2 u^2 + 2Q(C_1 + C_2)$$

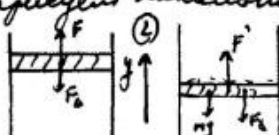
$$C_1^2 u^2 + C_1 u^2 C_2 = C_1^2 u^2 + 2Q C_1 + 2Q C_2$$

$$C_1 u^2 C_2 = 2Q C_1 = 2Q C_2$$

$$C_1 (u^2 C_2 - 2Q) = 2Q C_2 \Rightarrow C_1 = \frac{2Q C_2}{u^2 C_2 - 2Q}$$

$$C_1 = \frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 30 \cdot 10^{-9}} = \frac{120 \cdot 10^{-9}}{180 \cdot 10^{-9} - 60 \cdot 10^{-9}} = \frac{120 \cdot 10^{-9}}{120 \cdot 10^{-9}} = 10^{-6} \text{ Ф} = 1 \text{ мкФ}$$

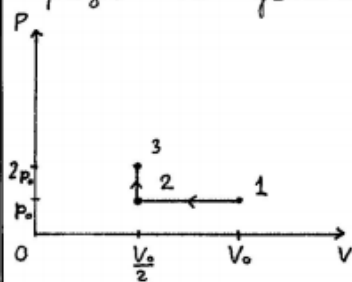
Ответ: 1 мкФ.

<p>Дано: S, m $p_0, t = \text{const}$ p_0</p>	<p>Величина зарядов начальной и конечной конденсаторов; </p>	<p>F_0 - сила давления атмосферы на поршень, F - давление воздуха до истечения масла.</p>
---	--	---

Работа 3

N=21

Концентрация газа $n = \frac{N}{V}$, где N - число молекул в газе, а V - объем газа, из предложенного графика следует, что концентрация увеличилась в два раза за процесс 1-2, значит по формуле $n = \frac{N}{V}$, объем уменьшился в два раза, так как количество вещества $\nu = \frac{N}{N_A}$ - постоянно, значит и N - постоянно. В процессе 2-3 n не изменяется, следовательно V тоже не изменяется, а давление p увеличивается в два раза. По установленным данным построим график (p_0 - начальное значение давления, V_0 - начальное значение объема)



Ответ: построенный график

N=22

Дано:

$$t = 200 \text{ с}$$

$$|\Delta v| = 10 \text{ м/с}$$

$$v = 0 \text{ м/с}$$

S - ?

Решение.

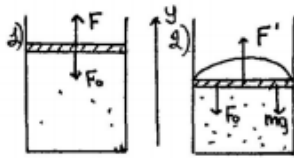
Так как поезд останавливается конечная скорость $v = 0 \text{ м/с}$

Ускорение при равнопеременном движении $a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{10}{200} = 0,05 \text{ м/с}^2$

$\Delta v = v - v_0 \Rightarrow v_0 = v - \Delta v$ (v_0 - нач скорость поезда в начале торможения), так как по условию модуль скорости уменьшался,

то $v_0 = v + |\Delta v| = 0 + 10 = 10 \text{ м/с}$. Запишем формулу равнозамедленного пути $S = v_0 t - \frac{a t^2}{2} = 10 \cdot 200 - \frac{0,05 \cdot 200^2}{2} = 1000 \text{ м} = 1 \text{ км}$ Ответ 1 км

N=24



Распишем второй закон Ньютона в первом случае
 $\vec{F} + \vec{F}_0 = 0$, на Oy $F - F_0 = 0 \Rightarrow F = F_0$, где F - это сила, создаваемая давлением газа внутри сосуда, F_0 - сила, создаваемая атмосферным давлением. Получается $F = p \cdot S$, где p - давление газа, $F_0 = p_0 \cdot S$, значит $pS = p_0S \Rightarrow p = p_0$, значит изначальное давление газа $p = p_0$.

Распишем второй закон Ньютона во втором случае $\vec{F}' + \vec{F}_0 + m\vec{g} = 0$, на Oy $F' - F_0 - mg = 0 \Rightarrow F' = F_0 + mg$, где F' - сила, созданная давлением пара $F' = p' \cdot S$, так как в этом состоянии началось выделение росы, то $p' = p_n$, где p_n - давление насыщенного пара. $p_n S = p_0 S + mg \Rightarrow p_n = p_0 + \frac{mg}{S}$.

Так как температура пара по условию осталась одинаковой, то в обоих состояниях давление насыщенного пара равно p_n и значит относительная влажность воздуха в начальном состоянии $\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\% = \frac{p_0}{p_0 + \frac{mg}{S}} \cdot 100\%$ либо $\frac{p_0}{p_0 + \frac{mg}{S}} \cdot 100\%$.

N: 23

Дано

$$m = 1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$R = 0,4 \text{ м}$$

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$W = 8 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$$

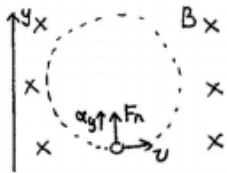
q - ?

Решение:

Кинетическая энергия частицы $W = \frac{mv^2}{2}$, где v - скорость движения частицы $v = \sqrt{\frac{2W}{m}}$.

Частица движется по окружности, так как перпендикулярно её скорости направлена сила Лоренца (по правилу

левой руки). Сделаем рисунок



2 закон Ньютона $\vec{F}_n = m\vec{a}_y$, на ν_y $F_n = ma_y$, где F_n - сила Лоренца, a_y - центростремительное ускорение

из законов движения по окружности $a_y = \frac{v^2}{R}$, получаем

$$a_y = \frac{2W}{mR}$$

$$F_n = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow qvB \sin \alpha = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow q = \frac{m v}{v B \sin \alpha R}, \text{ где } \sin \alpha \text{ - угол}$$

между линией магнитной индукции B и направлением движения частицы, где по условию $\alpha = 90^\circ$, $\sin 90^\circ = 1$, получается

$$q = 1,6 \cdot 10^{25}. \quad q = \frac{m \cdot \sqrt{\frac{2W}{m}}}{B \cdot R} = \frac{\sqrt{2Wm}}{B \cdot R} = \frac{\sqrt{2 \cdot 8 \cdot 10^{-14} \cdot 1,6 \cdot 10^{-25}}}{0,5 \cdot 0,4} = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Ответ $8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

$N = 26$

Дано

Обоснование

$M = 1 \text{ кг}$

Размеры доски бруска пренебрежимо малы, доска движется

$L = 0,5 \text{ м}$

поступательно, значит можно считать их материальными точками

$m = 0,2 \text{ кг}$

Рассмотрим их в системе отсчета Земли, она инерциальна,

$\mu = 0,2$

в ней работают 1 и 2 законы Ньютона, можно применить

$F = 1,2 \text{ Н}$

их. Блок невесомый и гладкий, значит в нём нет трения.

$t = ?$

Нить невесомая и нерастяжимая, следовательно сила натяжения

нити на всех её участках равна, а значит ускорения бруска и доски

одинаковы по модулю, но разные по направлению. Так как стол

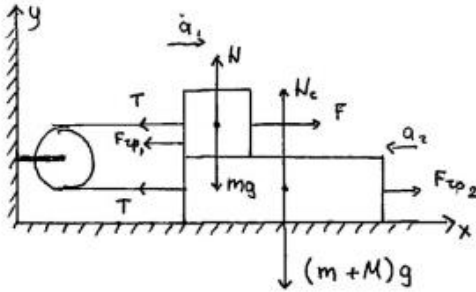
гладкий, то между доской и столом нет трения. Между доской и

бруском (если сила трения скольжения, действующая по закону) дейст-

вует максимальная сила трения, сила трения скольжения, распишет её

по 2^ю закону. На тела действуют нескомпенсированные силы в оси k , следовательно тела движутся по законам равнопеременного движения в оси Ox

Решение.



Распишем 2 закон Ньютона для доски $\vec{N}_c + (m+M)\vec{g} + \vec{F}_{тр2} + \vec{T} = M\vec{a}_2$ (N_c - сила реакции стержня стола, $F_{тр2}$ - сила трения между доской и бруском, T - сила натяжения нити). На Ox $F_{тр2} = F$, $F_{тр2} - T = -Ma_2$ (I)

По 3 закону Ньютона $|\vec{F}_{тр1}| = |\vec{F}_{тр2}| \Rightarrow F_{тр1} = F_{тр2}$ ($F_{тр1}$ - сила трения между бруском и доской), обозначим их как $F_{тр}$, по ее закону сила трения скольжения $F_{тр} = \mu N$, N - сила реакции стержня между доской и

Распишем 2 закон Ньютона для бруска $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F} + \vec{T} + \vec{F}_{тр} = m\vec{a}_1$, на Oy : $N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$, тогда $F_{тр} = \mu mg$

На Ox $F - T - F_{тр} = ma_1 \Rightarrow F - T - \mu mg = ma_1$ (II), ускорение доски a_2 и бруска a_1 , равны по модулю $a_1 = a_2$, обозначим их за a .

Из (I) $T = F_{тр} + Ma$, подставим это в (II) $F - F_{тр} - Ma - \mu mg = ma$
 $F - 2\mu mg = (M+m)a \Rightarrow a = \frac{F - 2\mu mg}{M+m} = \frac{1,2 - 2 \cdot 0,2 \cdot 0,2 \cdot 10}{1 + 0,2} = \frac{1}{3} \text{ м/с}^2$

Чтобы брусок соскользнул с доски нужно, чтобы он прошел $\frac{L}{2}$, так как у него с доской одинаковое ускорение, но разные направления, следовательно они пройдут этот расстояние за одинаковое время

Запишем закон равноускоренного движения для Ox $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow \frac{L}{2} = 0 + 0 + \frac{at^2}{2} \Rightarrow L = at^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{L}{a}} = \sqrt{\frac{0,5}{\frac{1}{3}}} = \sqrt{1,5} \approx 1,22 \text{ с}$ Ответ 1,22 с

Оценивание

21	22	23	24	25	26
1	1	2	1	x	0 2

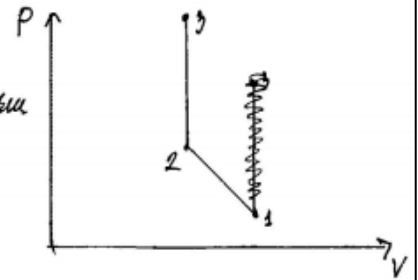
Работа 4

N21

1-2: $n \sim p$ значит график останется в том же месте.

$n = \frac{N}{V} \rightarrow$ n возрастает, значит $V = \text{const}$ $n = \text{const}$, значит $V = \text{const}$ n возрастает, значит $V = \text{const}$

$p = \frac{1}{3} n \bar{v} m$, $p = n k T \rightarrow$ раз $p = \text{const}$, но $T = \text{const}$



2-3: $n = \text{const}$

$\uparrow p = n k T \uparrow$; T - возрастает, $V = \text{const}$

N22

Дано:

$t = 200 \text{ c.}$

$v = 10 \text{ м./с.}$

$v_0 = 0$

$S = ?$

Решение:

1) $S = \frac{v_0 + v}{2} t$

$S = \frac{0 + 10}{2} \cdot 200 = 1000 \text{ м.}$

Ответ: 1000 м.

N23.

Дано

$m = 1,8 \cdot 10^{-25} \text{ кг.}$

$R = 0,4 \text{ м.}$

$B = 0,5 \text{ Тл.}$

$W = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$

$q = ?$

Решение:

1) $F_k = m a_n$

$F_n = q v B \sin \alpha$

$a_n = \frac{v^2}{R}$

$F_k = q E$

$q E = \frac{m v^2}{R}$

$q = \frac{m v^2}{R E}$

24.

$q = ?$ $q = \frac{p n}{p n n.}$

1) $p_2 S = p_0 S + m g \rightarrow p_2 = \frac{p_0 S + m g}{S}$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = p_0 R T \\ p_2 V_2 = p_0 R T \end{cases} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_1 = \frac{p_2 V_2}{V_1} \Rightarrow p_1 = \frac{(p_0 S + Mg) V_2}{S V_1}$$

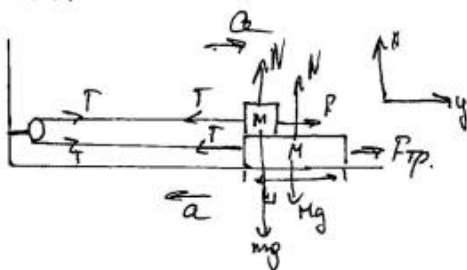
$$p_1 = p_2$$

$$p_2 = p_0 = p_{u.n.}$$

$$\varphi = \frac{p_n}{p_{u.n.}} = \frac{(p_0 S + Mg) V_2}{S V_1 p_2}$$

$$\text{Ответ: } \varphi = \frac{(p_0 S + Mg) V_2}{S V_1 p_2}$$

н.д.б.



$$1) \text{ } D_x: N = mg$$

$$N = Mg$$

$$D_y: F - T = ma$$

$$F_{TP} - T = Ma$$

$$F_{TP} = \mu N = \mu Mg$$

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{62}{0,2} = 310 \text{ m/s}^2$$

$$S = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{S}{v}$$

$$L = S = 50 + 50 = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$2) \text{ } \cancel{F = \mu N} \quad 2) \text{ } \cancel{F - F_{TP} - T + T = ma - Ma}$$

$$F - F_{TP} = a(m - M)$$

$$F_{TP} - F = a(M - m)$$

$$\mu Mg - F = a(M - m)$$

$$a = \frac{\mu Mg - F}{M - m} = \frac{0,2 \cdot 10 - 12}{0,2 - 1 - 0,2} = \frac{-10}{0,8} = -12,5$$

Z

Оценивание

21	22	23	24	25	26
1	2	0	1	x	0 0

Работа 5

22.

Дано:
 $t = 200 \text{ c}$
 $v_k = 0$
 $| \Delta v | = 10 \text{ м/с}$
 $a = \text{const}$
 $S = ?$

Решение:
 $| \Delta v | = | v_k - v_0 |$, $10 = 10 - v_0 \Rightarrow v_0 = 10 \text{ м/с}$
 путь при постоянном ускорении: $S = \frac{v_0 + v_k}{2} \cdot t$
 $S = \frac{10 + 0}{2} \cdot 200 = 1000 \text{ м}$

Ответ: $S = 1000 \text{ м}$

23.

Дано:
 $m = 1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$
 $R = 0,4 \text{ м}$
 $B \perp \vec{v}$
 $B = 0,5 \text{ Тл}$
 $W_k = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
 $q = ?$

Решение:

по II Закону
 Колтона:

$$R = m a_{\text{ц.с.}}$$

$$F_L = m a_{\text{ц.с.}}$$

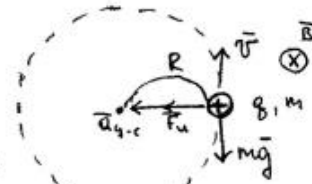
$$\text{ox: } F_L = m a_{\text{ц.с.}}$$

$$B v q = m \frac{v^2}{R}$$

$$B q = \frac{m v}{R}$$

$$B q = \frac{m v}{R} \Rightarrow q = \frac{m v}{B R}$$

$$q = \frac{m \cdot \sqrt{\frac{2 W_k}{m}}}{B R} = \frac{1,6 \cdot 10^{-25} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-25}}}}{0,5 \cdot 0,4} = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$



$F_L \perp \vec{a}_{\text{ц.с.}} \Rightarrow$
 \Rightarrow по правому правилу
 пальца, указывающему
 F_L и v , определена, что
 B направлена \otimes в лев.

$$F_L = B v q \sin \alpha; \alpha = \angle (B \perp v), \text{ т.к. } B \perp v, \text{ то } \alpha = 90^\circ, \sin 90^\circ = 1 \Rightarrow F_L = B v q$$

$$a_{\text{ц.с.}} = \frac{v^2}{R} \quad W_k = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 W_k}{m}}$$

Ответ: $q = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

21.

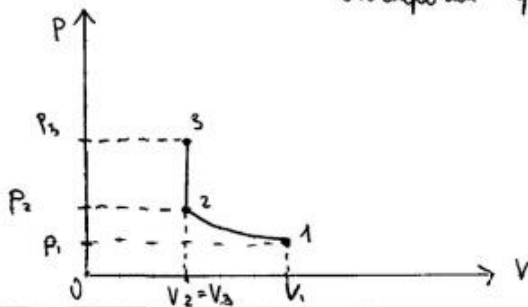
участок 1-2: $P_2 > P_1$, $\frac{P_2}{P_1} = 2$ (искоря из максимума) $\Rightarrow P \uparrow$ в 2 раза; $P_2 = 2P_1$
 $n_2 > n_1$, $\frac{n_2}{n_1} = 2$ (искоря из максимума) $\Rightarrow n \uparrow$ в 2 раза; $n_2 = 2n_1$

$$P V = \nu R T, \quad \nu = \frac{N}{V} \Rightarrow V = \frac{N}{\nu}; \quad P = \frac{\nu R T}{V} = \frac{\nu R T}{N/\nu} = \frac{\nu^2 R T}{N} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1}{2} \quad V \downarrow \text{ в 2 раза}$$

по графику видно, что он вторым из нуля \Rightarrow на участке 1-2 - прямая зависимость, значит, процесс изотермический, $T = \text{const}$ ($P \uparrow$ в 2 раза, $V \downarrow$ в 2 раза: $\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{2 P_1 V_1}{2 T}$)

участок 2-3: $P_3 > P_2$, $\frac{P_3}{P_2} = 2$ (искоря из максимума) $\Rightarrow P \uparrow$ в 2 раза; $P_3 = 2P_2$
 $n_2 = n_3$, $n = \frac{N}{V}$ т.к. n и $N = \text{const}$, то $V = \text{const} \Rightarrow V_2 = V_3$

Построим график процесса 1-2-3 в координатах $P-V$:



т.к. участок 1-2 - изотерма, то график - часть гиперболы.

$$P_2 = 2P_1, \quad P_3 = 2P_2$$

$$V_2 = \frac{V_1}{2}, \quad V_3 = V_2$$

26.

Дано

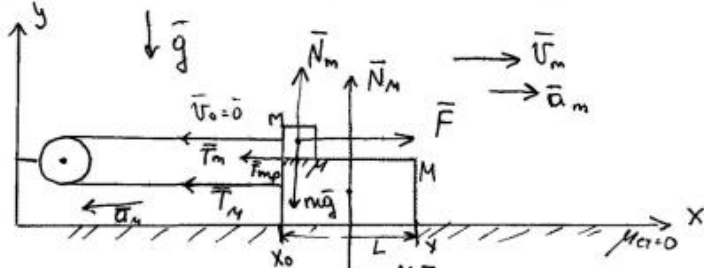
доска: $M = 1 \text{ кг}$, $L = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$

брусок: $m = 0,2 \text{ кг}$

$\mu = 0,2$, $\mu_{ст} = 0$

$F = 1,2 \text{ Н}$

$t = ?$



Решение

II Закон Ньютона для доски массой M :

$$M\vec{g} + \vec{T}_M + \vec{N}_M = M\vec{a}_M$$

$$\text{ox: } -T_M = -Ma_M; T = Ma$$

$$\text{oy: } N_M - Mg = 0; N_M = Mg$$

$T = T$. $Ma = F - ma - \mu mg$; $Ma + ma = F - \mu mg$

$$a(M+m) = F - \mu mg, a = \frac{F - \mu mg}{M+m}$$

II Закон Ньютона для бруска массой m .

$$m\vec{g} + \vec{F}_{mp} + \vec{T}_m + \vec{F} + \vec{N}_m = m\vec{a}_m$$

$$\text{ox: } F - T_m - F_{mp} = ma_m; T = F - ma - F_{mp}$$

$$\text{oy: } N_m - mg = 0, N_m = mg$$

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

$$T = F - ma - \mu mg$$

Брусок соскальзывает с доски в тот момент, когда превзойдет длину доски, значит, путь бруска: $x - x_0 = L$

Из кинематики

$$\Delta a_m \quad S_x = v_x^2 - v_{0x}^2$$

$$\text{ox: } 2aL = v_m^2 \Rightarrow$$

$$v_x = v_{0x} + a_m t$$

$$\text{ox: } v_m = at \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{v_m}{a}$$

$$\Rightarrow v_m = \sqrt{2aL}$$

$$t = \frac{\sqrt{2aL}}{a} = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2L}{\frac{F - \mu mg}{M+m}}} = \sqrt{\frac{2L(M+m)}{F - \mu mg}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,5 \cdot (1 + 0,2)}{1,2 - 0,2 \cdot 0,2 \cdot 10}} \approx 1,2 \text{ с}$$

Ответ: $t = 1,2 \text{ с}$

Обоснование: 1) Задачу будем решать в инерциальной системе отсчета, связанной с Землей

2) масса бруска и доска не зависят друг от друга, доска и брусок движутся по отношению друг к другу — можно применить их же материальные точки. Для материальной точки применимо уравнение кинематики и второй закон Ньютона.

3) Поскольку кинематические уравнения, ускорение везде одинаковое $\Rightarrow a_M = a_m = a$

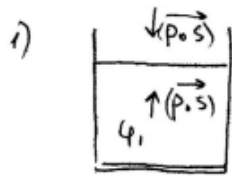
4) Поскольку кинематические уравнения, блок на доске, но сила натяжения кинематическое уравнение $\Rightarrow T_m = T_M = T$.

5) Массу бруска и доской есть учитывать во формулах при решении, брусок движется на доске. Ответ: $t = 1,2 \text{ с}$

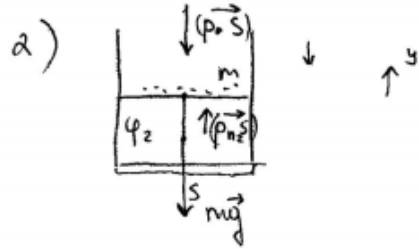
24

Дано:
 S - площадь
 m - масса песка
 p_0 - атм. давление
 пренебрежительно, $T = \text{const}$
 $\varphi_1 = ?$

Решение



$$\varphi_1 = \frac{p_{n1}}{p_{k1}} = \frac{S}{S} \frac{p_0}{p_k n}$$



м.к. после насыпания песка образуется пол, но нап. сил насыщения \Rightarrow
 $\Rightarrow \varphi_2 = \frac{p_{n2}}{p_{k2}} = 100\% \Rightarrow p_{n2} = p_{k2}$

$pV = \nu RT$ и $T = \text{const}$, а $V \downarrow$, но $p \uparrow \Rightarrow$
 $\Rightarrow (p_{n2} = p_{k2}) > p_{n1}$, $\varphi_1 = \frac{p_{n1}}{p_{n2}} = \frac{p_0}{p_{n2}}$

а:
 $\vec{R} = 0$
 $(p_0 S) + mg + (p_{n2} S) = 0$
 оу: $p_{n2} S - mg - p_0 S = 0 \Rightarrow p_{n2} S = mg + p_0 S$
 $p_{n2} = \frac{mg + p_0 S}{S}$

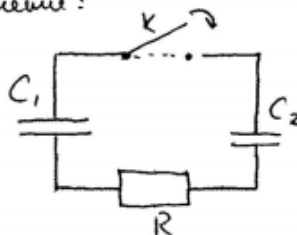
$$\varphi_1 = \frac{p_0}{\frac{mg + p_0 S}{S}} = \frac{p_0 S}{mg + p_0 S}$$

Ответ: $\varphi_1 = \frac{p_0 S}{mg + p_0 S}$

25. Дано

C_1
 $U_1 = 300 \text{ В}$
 $R = 300 \text{ Ом}$
 C_2
 $U_2 = 0$
 $C_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 замкнутое ключа
 $Q = 30 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$

Решение:



при последовательном подключении
 $q_{\text{ос}} = q_1' = q_2' = \frac{Q}{2}$, где q -
 заряд на C_1
 (м.к. до замыкания ключа
 $q_1 = Q, q_2 = 0$, но после
 перераспр. зарядов $q_1' = q_2' = \frac{Q}{2}$)

$U_1 = U_{\text{ос}} = U_1' + U_2' = \frac{q_1'}{C_1} + \frac{q_2'}{C_2}$, $C_{\text{ос}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$; $C = \frac{Q}{U}$, $Q = CU$
 $Q = W_1' + W_2' + Q_R$; $W_1' = \frac{C_1 U_1'^2}{2}$; $W_2' = \frac{C_2 U_2'^2}{2}$, $Q_R = \frac{U_2'^2}{R}$

$\frac{C_1 U_1'}{2} = \frac{Q}{2} = \frac{C_1 U_1}{2} \Rightarrow 2 C_1 U_1' = C_1 U_1 \Rightarrow U_1' = \frac{300}{2} = 150 \text{ В}$

$q_1' = q_2' \Rightarrow C_1 U_1' = C_2 U_2'$

Оценивание

21	22	23	24	25	26
3	2	1	1	0	0

Справочные данные

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы	
число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами	
температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц	
электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность	
подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³
алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³
железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³
ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость					
воды	$4,2 \cdot 10^3$	Дж/(кг·К)	алюминия	900	Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$	Дж/(кг·К)	меди	380	Дж/(кг·К)
железа	460	Дж/(кг·К)	чугуна	500	Дж/(кг·К)
свинца	130	Дж/(кг·К)			

Удельная теплота	
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$

плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0 °С					
Молярная масса					
азота	$28 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$	кг/моль

Правила заполнения протоколов проверки развернутых ответов участников ЕГЭ экспертами предметных комиссий по физике в 2025 году

Результаты проверки выполнения заданий с развернутым ответом эксперты региональных предметных комиссий оформляют протоколами в соответствии с установленной формой «Протокол проверки развернутых ответов» (далее – протокол), который входит в состав рабочего комплекта эксперта (форма протокола и набор не более 10 обезличенных копий экзаменационных работ, коды которых уже проставлены в соответствующих полях протокола). Протокол оформляется (при печати) на конкретного эксперта, при этом в регистрационной части протокола указывается в том числе:

- информация о коде региона, в котором проводится проверка;
- коде и названии учебного предмета;
- коде, фамилии и инициалах эксперта, которому назначены на проверку экзаменационные работы с кодами, указанными в основной части протокола;
- номере протокола.

Проверка экзаменационных работ проводится на основе использования поэлементного анализа ответов экзаменуемых в соответствии с критериями оценивания, которые предоставляются для каждого задания, включенного в КИМ ЕГЭ. В критериях оценивания предоставляются содержание верного ответа и указания по оцениванию.

По итогам оценивания экзаменационных работ эксперт, проверяющий работы, вносит в соответствующие поля протокола баллы, выставленные им по каждой позиции оценивания, предусмотренной критериями оценивания развернутых ответов. Также эксперт вносит в протокол информацию о выбранном номере альтернативного задания (для учебных предметов, в КИМ по которым включены задания с возможностью выбора).

Протокол является машиночитаемой формой, которая после заполнения проходит автоматизированную обработку в РЦОИ, в процессе которой форма сканируется, а информация, внесенная в протокол, автоматизированно распознается и вносится в РИС (региональная информационная система ГИА). Для исключения неверного считывания информации о результатах оценивания экзаменационных работ, необходимо соблюдение правил заполнения протокола. Протокол заполняется черной гелевой ручкой. Запрещено использование для заполнения протокола ручек с цветной пастой или карандашей (даже в случае их использования при проверке экзаменационных работ). Запрещается внесение какой-либо информации и/или пометок вне полей протокола, предназначенных для заполнения экспертом

Результаты оценивания каждой экзаменационной работы по физике переносятся в протокол проверки развернутых ответов следующим образом:

- баллы за выполнение задания **21** переносятся в колонку **21** протокола;
- баллы за выполнение задания **22** переносятся в колонку **22** протокола;
- баллы за выполнение задания **23** переносятся в колонку **23** протокола;
- баллы за выполнение задания **24** переносятся в колонку **24** протокола;
- баллы за выполнение задания **25** переносятся в колонку **25** протокола;
- баллы по критерию **26К1** переносятся в колонку **26К1** протокола;
- баллы по критерию **26К2** переносятся в колонку **26К2** протокола.

Протокол проверки развернутых ответов



Регион 99 Код предмета 3
 ФИО эксперта Фамилия И.О.
 Примечание

Название предмета Физика (дата экзамена)

Номер протокола 1000003
 Код эксперта 000001

Образец заполнения 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 X

№	Код бланка	Позиции оценивания																		
		21	22	23	24	25	26 K1	26 K2												
1	2920300339595	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Дата проверки - -

Подпись эксперта

Рисунок 1. Протокол проверки развёрнутых ответов 2025 г. Образец

При выставлении баллов за выполнение задания в протокол проверки развёрнутых ответов следует иметь в виду, что если ответ отсутствует (нет никаких записей, свидетельствующих о том, что экзаменуемый приступал к выполнению задания), то в протокол проставляется символ «X», а не «0». Если участник экзамена не приступал к выполнению задания, выполнение которого оценивается несколькими критериями, то символ «X» выставляется по всем критериям, относящимся к этому заданию.

Любые исправления в протоколах запрещены, также запрещено использование замазок и затирок в целях исправления. В случае необходимости внесения исправления, эксперт сообщает об этом председателю ПК, который запрашивает в РЦОИ повторную распечатку протокола с номером испорченного. Ведется учет испорченных протоколов, уничтожение которых рекомендуется активировать после завершения соответствующего периода проведения ГИА.

Извлечения из Методических рекомендаций Рособнадзора по формированию и организации работы предметных комиссий (ПК) субъекта Российской Федерации при проведении государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования.

Экспертам ПК запрещается:

- иметь при себе средства связи, фото-, аудио- и видеоаппаратуру;
- копировать и выносить из помещений, в которых работает ПК, экзаменационные работы, критерии оценивания, протоколы проверки экзаменационных работ;
- разглашать информацию, содержащуюся в указанных материалах.

Также запрещается:

- без уважительной причины покидать аудиторию;
- переговариваться с другими экспертами ПК, если речь не идёт о консультировании с председателем ПК или с экспертом ПК, назначенным по решению председателя ПК консультантом.

Если у эксперта возникают вопросы или проблемы, он должен обратиться к председателю ПК или лицу, назначенному председателем предметной комиссии консультантом.