

**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 2023 года**

# **ФИЗИКА**

Москва  
2023

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 2023 г. по физике подготовлены в соответствии с Тематическим планом работ федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный институт педагогических измерений» на 2023 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 2023 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, 2023

© Федеральный институт педагогических измерений, 2023

## Оглавление

<b>1. РОЛЬ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ В КИМ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>2. СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ В ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ .....</b>	<b>7</b>
2.1. СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 24 .....	7
2.2. СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 25 и 26.....	10
2.3. СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 27–29 .....	11
2.4. СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 30 .....	17
<b>3. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ.....</b>	<b>20</b>
3.1. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЕ 24.....	20
3.2. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ 25 и 26.....	37
3.3. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ 27–29.....	58
3.4. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ 30.....	77
3.5. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЦЕЛЫХ РАБОТ .....	99
<b>СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ .....</b>	<b>134</b>

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

Концепция конструирования контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена (ЕГЭ) по физике обеспечивает единство требований к знаниям и умениям выпускников общеобразовательных организаций и позволяет эффективно дифференцировать абитуриентов в соответствии с уровнем их подготовки 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 30 заданий, различающихся формой и уровнем сложности. В работе представлены задания разных уровней сложности: базового, повышенного и высокого. Задания базового уровня проверяют усвоение наиболее важных физических понятий, моделей, явлений и законов. 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 работы включает два блока заданий: первый проверяет освоение понятийного аппарата школьного курса физики, а второй – овладение методологическими умениями. В начале части 1 предлагается два задания интегрированного характера базового уровня сложности: задание на множественный выбор, проверяющее понимание основных теоретических положений из всех разделов курса физики, и задание на соответствие, проверяющее понимание графических закономерностей. Затем предлагаются 19 заданий, которые 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, на изменение физических величин в различных процессах и на установление соответствия между физическими величинами и графиками или формулами. Далее предлагаются два задания на проверку методологических умений, которые относятся к разным разделам физики.

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 семь различных задач: одна качественная задача с развёрнутым ответом, две расчётных задачи повышенного уровня с развёрнутым ответом и четыре расчётных задачи с развёрнутым ответом высокого уровня сложности.

По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом:

- 2 задачи по механике,
- 1–2 задачи по молекулярной физике и термодинамике,
- 2–3 задачи по электродинамике,
- 1 задача по квантовой физике.

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 24 во всех работах, затем все решения задачи 25, потом все решения задач 26 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 «Х»;
  - 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**.

**Извлечения из Методических рекомендаций Рособрнадзора по формированию и организации работы предметных комиссий субъекта Российской Федерации при проведении государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования**

Во время работы экспертам 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 ПК консультантом.

## 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 (24), расчётные задачи (25 и 26), расчётные задачи (27–29) и расчетная задача (30).

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

Эксперту предлагается схема оценивания, которая может применяться при рассмотрении альтернативного авторскому решению. 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 выпускниками, и определено их влияние на оценивание.

### 2.1. Схема оценивания заданий 24

Качественные задачи (24) 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
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>формулируется ответ</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>перечисляются явления и законы</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.)	2

<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 <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.

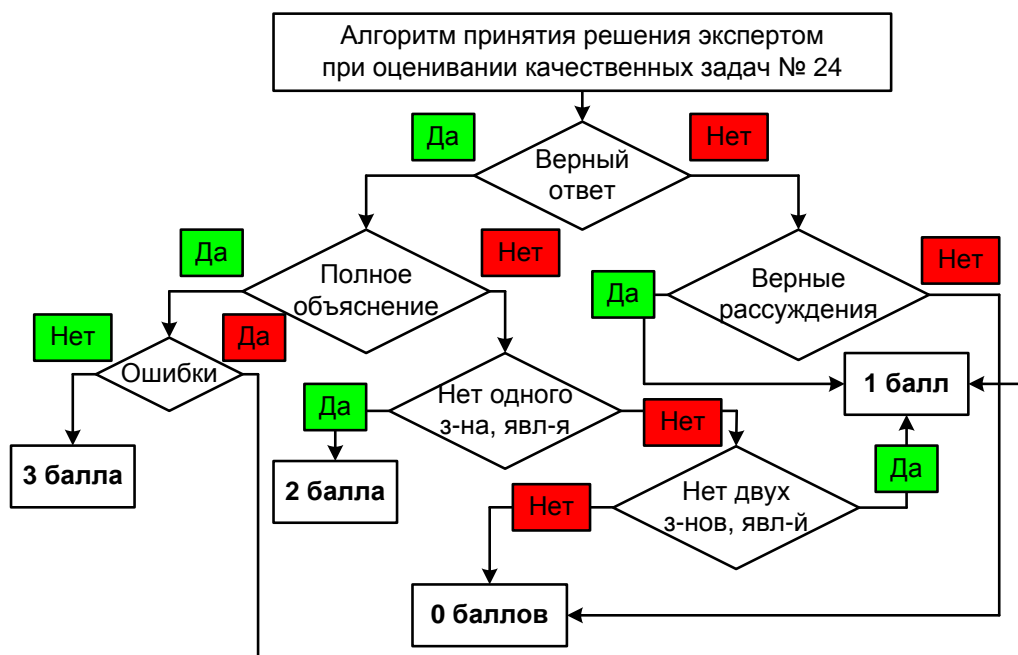
**Обобщённая схема оценивания  
при наличии дополнительного требования к рисунку или схеме**

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>формулируется ответ</i>), <b>верный рисунок с указанием хода лучей (или верную схему электрической цепи)</b> и исчерпывающие верные рассуждения 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>	2



<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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p><b>Приведён неверный рисунок с указанием хода лучей в оптической системе (допущена ошибка в схеме электрической цепи)</b></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> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p><b>Приведён только верный рисунок с указанием хода лучей в оптической системе (верная схема электрической цепи)</b></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 24.



## 2.2. Схема оценивания заданий 25 и 26

Задания 25–30 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 25–30 третьей части приведена инструкция, которая в целом отражает требования к полному правильному решению расчётных задач.

**Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.**

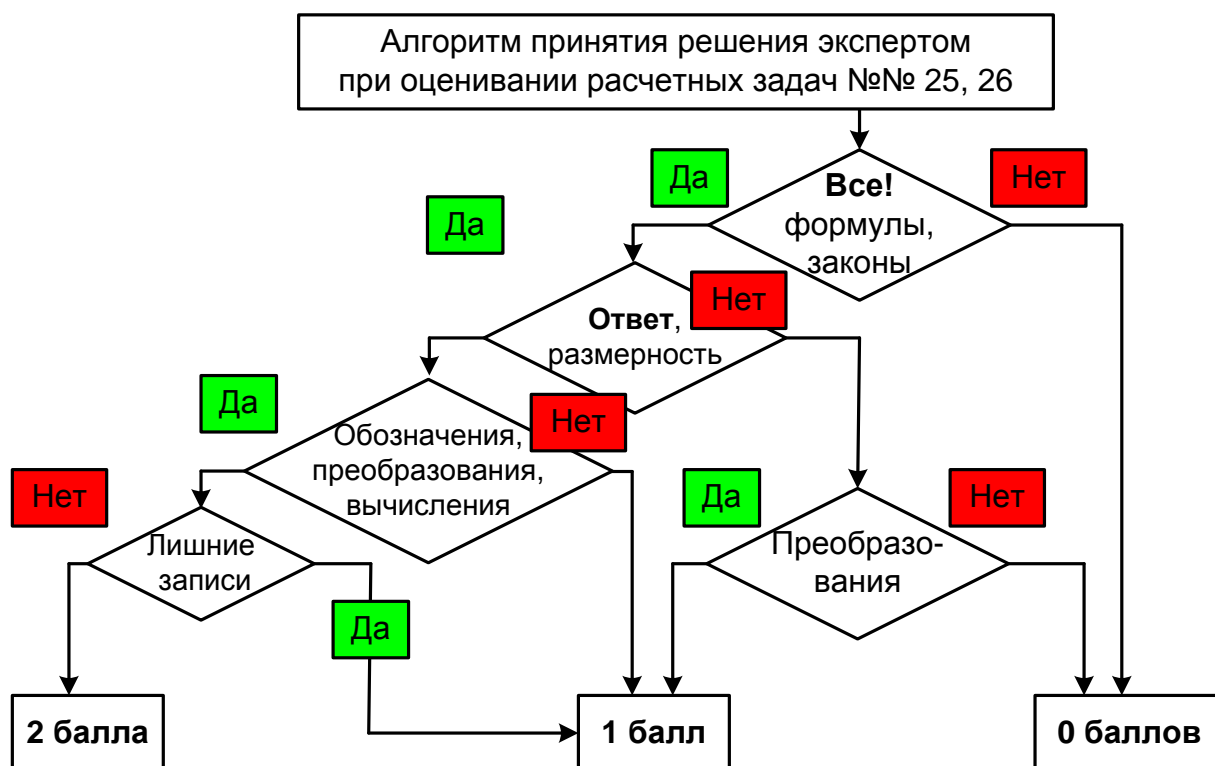
### Обобщённая схема оценивания заданий 25 и 26

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>)<sup>1</sup>;</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>)<sup>2</sup>;</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>	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</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

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.

На рисунке приведён алгоритм принятия экспертом решения при оценивании расчётных задач 25 и 26.



### 2.3. Схема оценивания заданий 27–29

#### Обобщённая схема оценивания заданий 27–29

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> ) <sup>3</sup> ; 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) <sup>4</sup> ; 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

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> 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.

<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 <b>одному</b> 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

### 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) <b>представлены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</b></p> <p>IV) <b>представлен правильный ответ</b></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><b>В необходимых математических преобразованиях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях пропущены логически важные шаги.</b></p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо 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 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) <b>приведён правильный рисунок с указанием сил, действующих на тело;</b></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

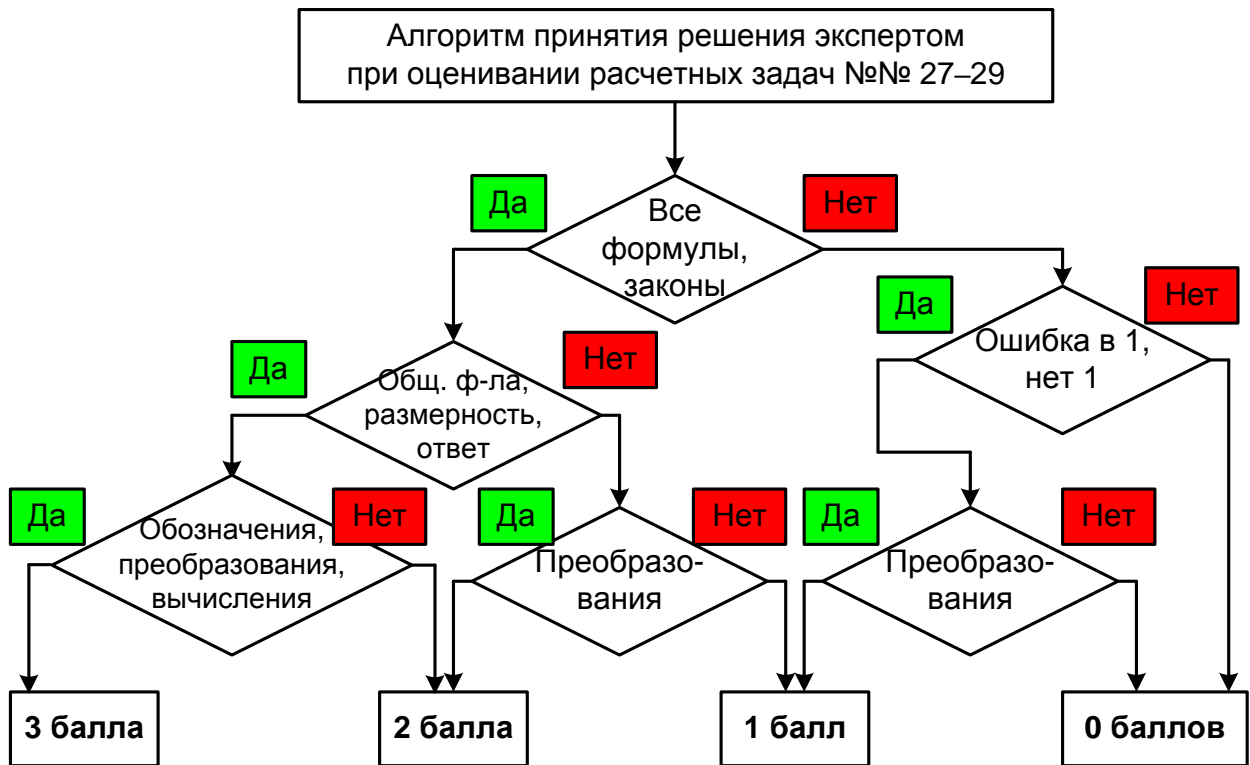
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие <b>пунктам II или III</b>, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p 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 <b>пункт V</b>, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо 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

3. В тексте задачи присутствует требование изобразить **схему электрической цепи** или **оптическую схему**. В этом случае в описание полного правильного ответа включается наличие правильного рисунка, а также выставляются дополнительные условия к оценке в 2 и 1 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) <b>приведён правильный рисунок, поясняющий решение</b>;</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному</p>	3

числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
<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 <b>пунктам II или III</b>, 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 <b>пункт V</b>, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо 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 <b>ОДНА</b> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В <b>ОДНОЙ</b> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p><b>Приведён только правильный рисунок</b></p>	1
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 27–29.





## 2.4. Схема оценивания заданий 30

### Обобщённая схема оценивания заданий 30

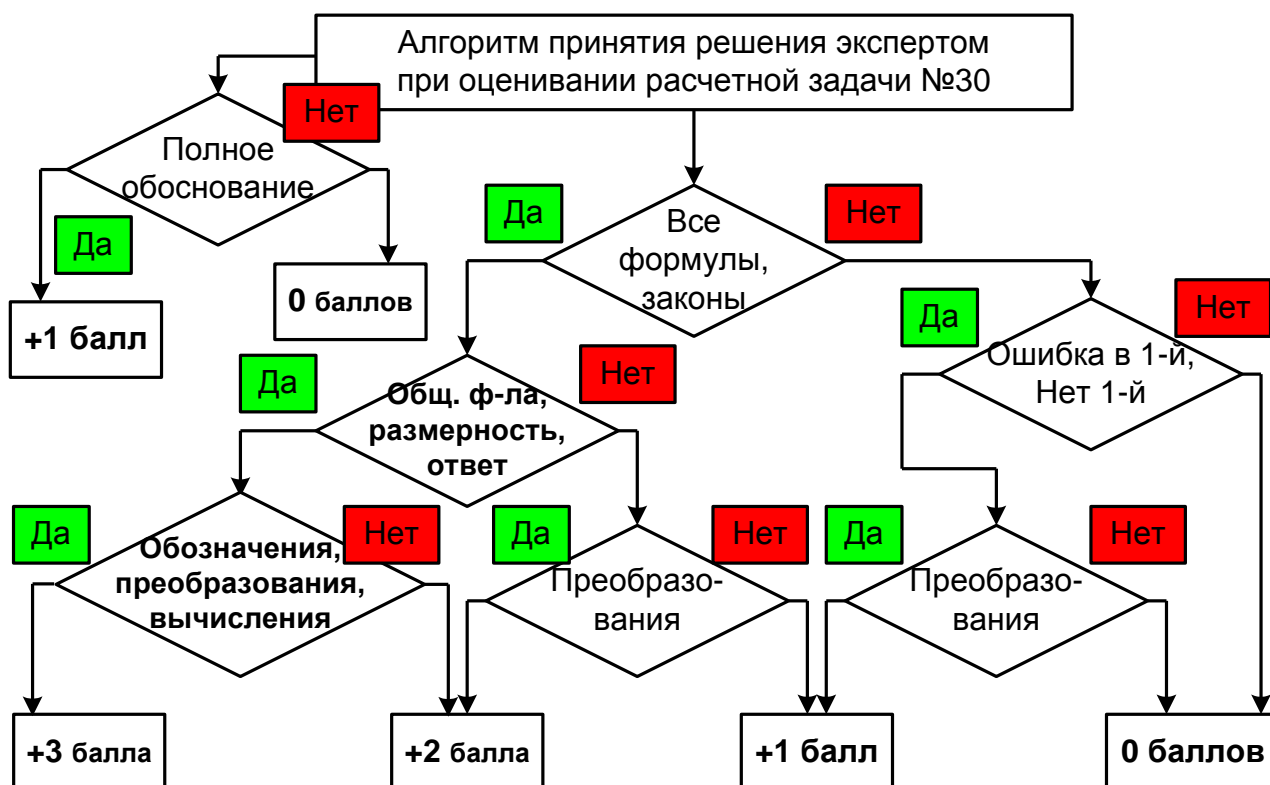
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<b>Критерий 1</b>	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>перечисляются элементы обоснования</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
<b>Критерий 2</b>	
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> ) <sup>5</sup> ; 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> ) <sup>6</sup> ; 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
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы,	1

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> 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.

<p>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>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	4

На рисунке приведён алгоритм принятия экспертом решения при оценивании расчётных задач 30.



### 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.

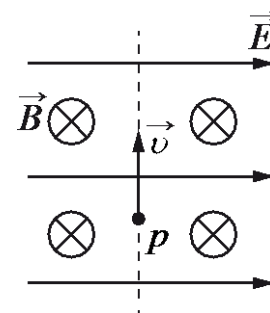
- Если в задании требовалось определить отношение величин «**A/B**», а участник экзамена определил значение отношения «**B/A**», то это не считается ошибкой или погрешностью.
- Если подмена сводится к тому, что экзаменуемый определил не ту величину, которую требовалось рассчитать по условию задачи, а 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 24

##### Задание 1

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 <math>F_M = qvB</math> и электрическое поле силой <math>F_e = qE</math>. Поскольку заряд протона положительный, <math>\vec{F}_e</math> сонаправлена с <math>\vec{E}</math>, а по правилу левой руки <math>\vec{F}_M</math> направлена противоположно силе <math>\vec{F}_e</math>. 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 <math>\vec{F}_M</math> и <math>\vec{F}_e</math>, 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
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>что траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо, п. 1</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>формулы расчёта сил действия на заряженную частицу электрического и магнитного полей, правило левой руки, второй закон Ньютона</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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)</p>	2

В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.  ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, 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>	3

### Пример 1.1 (3 балла)

→ по правилу левой руки определяет направление  $F_L$  силы Лоренца. т.к. заряд протона  $(+e) > 0 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  сила Лоренца направлена влево  
 Вектор магнитной индукции 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 прямолинейно:  $F_L = F_E$

при увеличении  $E$  сила электрическая ( $F_E$ ) тоже увеличивается  
 $F_E > F_L$   
 протон начнет двигаться правее от предыдущей траектории. Его новая траектория станет положе к части окружности.

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.

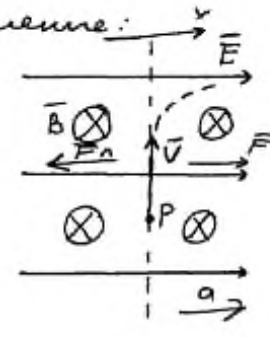
Пример 1.2 (2 балла)

На проток действуют 2 силы. 1 сила со стороны электрического поля направлена вправо и 2 сила со стороны магнитного поля направлена влево. При увеличении напряжённости электрического поля сила направленная вправо возрастает так как эта сила прямо пропорциональна напряжённости. Сила со стороны магнитного поля не изменяется 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 1.3 (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: 

$F_{\perp} = q \vec{B} \vec{v} \sin \alpha$   
 По правилу левой руки: можно увидеть, что  $F_{\perp}$  направлено влево  
 $\vec{v} \perp \vec{B}$  по условию, а следовательно  $\sin \angle \vec{v} \vec{B} = 1$

$\Rightarrow \vec{F}_{\perp} = q \vec{B} \vec{v}$  По третьему закону Кирхгофа если сила  $\vec{F} = \vec{F}_{\perp}$   
 $\vec{F} = \frac{\vec{E}}{q} \quad \vec{F} \uparrow \parallel \vec{E}$

$x \cdot F = F_{\perp}$   
 $\frac{E}{q} = q B v \Rightarrow E = q^2 B v$  При увеличении напряженности оси будет увеличиваться <sup>т.е.</sup>  $F = \frac{E}{q} \uparrow$ , а  $F_{\perp}$  будет увеличиваться но будет т.к.  $F_{\perp}$  не зависит от  $E$

Знаем по 2-ому закону Кирхгофа по величине ускорение сонаправленное с  $F$   
 $F - F_{\perp} = m \dot{a}$ , 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 1.4 (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 протон со стороны электрического поля, будет направлена с вектором  $\vec{E}$ .  $\vec{F}_{эл.} \parallel \vec{E}$   $F_{эл.} = qH \cdot E$

3) Значит, при увеличении  $E$  протон пойдёт вправо над осью, которая будет зависеть в зависимости от значения  $E$

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 1.5 (0 баллов)

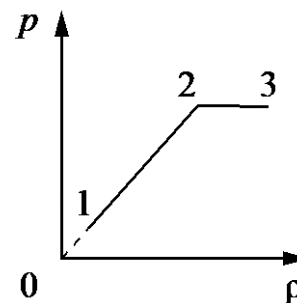
Скорость траектории изменил свое направление так как напряженность электрического поля увеличилась. Соответственно взаимодействия между частицами по-прежнему, но со временем все стабилизируется и протон пойдёт по траектории

Ответ неверный, рассуждения не поддерживают получение верного ответа.



## Задание 2

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



Возможное решение	
<p>1. Плотность газа <math>\rho = \frac{m}{V}</math>, где <math>m</math> – масса газа, <math>V</math> – его объём. В соответствии с уравнением Менделеева – Клапейрона <math>p = \frac{m}{\mu V} RT = \frac{\rho}{\mu} RT</math>. На участке 1–2 давление изменяется пропорционально плотности газа: <math>p \sim \rho</math>. Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется. Поскольку плотность газа на этом участке возрастает, объём газа уменьшается.</p> <p>2. В процессе 2–3 плотность газа возрастает, что означает уменьшение его объёма. Давление газа при этом не изменяется, следовательно, согласно уравнению Менделеева – Клапейрона температура газа уменьшается</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>изменение температуры и плотности газа в процессах 1–2 и 2–3</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона – Менделеева, формула плотности вещества</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> <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 <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p>	1

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 2.1 (3 балла)

по условию масса газа  $m$  не изменяется.

1) воспользуемся формулой  $p = \frac{pRT}{\mu} \Rightarrow \frac{p}{\rho} = \frac{RT}{\mu}$

Как видно из графика,  $\frac{p}{\rho} = \text{const}$ .  $R - \text{const}$   
 $\mu - \text{const} \Rightarrow \Delta T_{1-2} = 0$ .

$\Delta T_{1-2} = 0 \Rightarrow$  процесс 1-2 - изотермический.  $pV = \text{const}$   
 давление в ходе процесса увеличивается  $\uparrow p \downarrow V = \text{const} \Rightarrow$  объём  $V$  уменьшается.

2) Как видно из графика, в ходе процесса 2-3 давление  $p$  не меняется.  
 процесс 2-3 - изобарический  $\frac{p}{T} = \text{const}$ .

$\uparrow p = \frac{p\mu}{RT} \downarrow$  плотность газа в процессе 2-3 увеличивается  $\Rightarrow$  температура газа  $T$  уменьшается

$\frac{\downarrow V}{\downarrow T} = \text{const}$  процесс изобарический  $\Rightarrow V$  уменьшается.

Ответ: 1-2: температура не изменяется, объём уменьшается.  
 2-3: температура уменьшается, объём уменьшается.

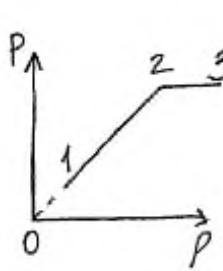
Приведён верный ответ и верные рассуждения об изменениях температуры и объёма газа. Приведена запись уравнения Клапейрона— Менделеева с учётом плотности газа, а также ссылки на изопроцессы. Работа оценивается в 3 балла.

Пример 2.2 (2 балла)

1.  $m_2 = \text{const}$ , на участке 1-2 и 2-3  $\rho$  увеличивается  $\Rightarrow$  из формулы плотности по определению  $\rho = \frac{m}{V}$ , объём уменьшается пропорционально увеличению плотности.
2. Участок 1-2-изотермия (по графику), начало участка уходит в 0. Значит, на участке 1-2  $T = \text{const}$ , т.е.  $m = \text{const}$ ,  $pV = \text{const}$ .
3. Участок 2-3-изобара, так как  $p = \text{const}$ , то  $\frac{V}{T} = \text{const}$ . Так как  $V$  уменьшается (по условию в пункте 1), то  $T$  тоже уменьшается.  
 Ответ: в процессе 1-2 объём уменьшается, а температура не изменяется; в процессе 2-3 и объём, и температура газа уменьшаются.

Приведён верный ответ об изменениях температуры и объёма, есть верные рассуждения и ссылка на необходимые формулы (для плотности газа и изопроцессы), но в п. 2 отсутствует вывод об изотермическом процессе. Работа оценивается в 2 балла по критерию одного логического недочёта.

Пример 2.3 (2 балла)



- 1)  $m = \text{const}$  (по условию);  $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho \sim \frac{1}{V}$
- 2) процесс 1-2  ~~$pV = \text{const}$~~   $p \uparrow$  (увеличивается);  $\rho \uparrow$  (ув.)  
 $\Rightarrow V \downarrow$  (уменьшается)  $\Rightarrow T = \text{const}$  ( $p_1 V_1 = p_2 V_2$  по уравнению Клайперона)
- 3) процесс 2-3  $p = \text{const}$ ;  $\rho \uparrow$  (ув.)  $\Rightarrow V \downarrow$  (ум.)  
 $\Rightarrow T \downarrow$  (ум.) ( $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ) по уравнению Клайперона

Ответ: 1-2  $V$ -уменьшается;  $T = \text{const}$ ; 2-3  $V$  и  $T$  - уменьшаются

Дан верный ответ об изменениях температуры и объёма, приведены верные рассуждения, но в работе отсутствует вывод об изотермическом процессе на участке 1–2. Кроме того, вместо названия газовых законов указано «уравнение Клайперона», что можно расценивать как лишние записи. Работа оценивается в 2 балла по критериям одного логического недочёта и наличия лишних записей.

Пример 2.4 (1 балл)

Процесс 1-2 - изохорный,  
 $V = \text{const}$  (т.к. прямая 1-2 направлена  
 в начало координат).  
 $p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 = nkT \Rightarrow$   
 с ростом плотности и давления  
 газа температура тоже растет.

Из графика видно, что процесс 2-3 - изобарный,  
 $P = \text{const}$ . Следовательно, температура газа с  
 ростом плотности будет уменьшаться (по  
 формуле давления). При изобарном процессе  
 выполняется уравнение Гей-Люссака:  
 $\frac{V}{T} = \text{const}$ . Поэтому объем будет уменьшаться  
 вместе с температурой газа.

Ответ: в процессе 1-2  $V = \text{const}$ ,  $T$  увеличивается;  
 в процессе 2-3  $V$  и  $T$  уменьшаются  
 с ростом плотности газа.

Получен неверный ответ, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи, в части обоснования изменения величин в изобарном процессе. Работа оценивается в 1 балл.

Пример 2.5 (0 баллов)

В процессе 1-2: объем уменьшается т.к.  $\rho$  и  $P$   
 возрастают т.е. молекулы становятся ближе к друг  
 другу. А температура ~~возрастает т.к. от внутренней~~  
~~энергии возрастает.~~  $U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1$ ;  $U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2$ .  
 $p_1 V_1 = \nu R T_1$ ;  $p_2 V_2 = \nu R T_2$ .  
 $p_1 < p_2 \Rightarrow T_2 > T_1$ .

В процессе 2-3 объем тоже уменьшается т.к.  
 $\rho$  возрастает. Температура ~~во~~ не изменяется т.к.  
 вещество переходит в более твердое состояние.

Ответ неверный, рассуждения не поддерживают получение верного ответа.

### Задание 3

Катушка, обладающая индуктивностью  $L$ , соединена с источником питания с ЭДС  $\mathcal{E}$  и двумя одинаковыми резисторами  $R$ . Электрическая схема соединения показана на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи разомкнут.

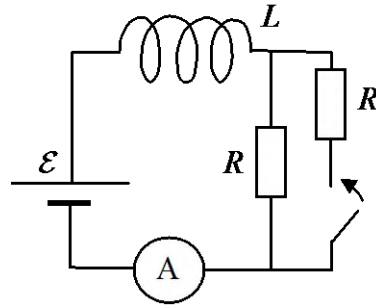


Рис. 1

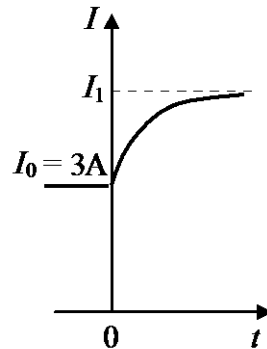


Рис. 2

В момент времени  $t = 0$  ключ замыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рис. 2. Основываясь на известных физических законах, объясните, почему при замыкании ключа сила тока плавно увеличивается до некоторого нового значения –  $I_1$ . Определите значение силы тока  $I_1$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Возможное решение	
<p>1. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи: <math>IR_{\text{общ}} = \mathcal{E} + \mathcal{E}_{si}</math>, где <math>I</math> – сила тока в цепи, <math>R_{\text{общ}}</math> – сопротивление цепи, а <math>\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}</math> – ЭДС самоиндукции, возникающая только при изменении силы тока, и препятствующая его изменению согласно правилу Ленца.</p>	
<p>2. До замыкания ключа <math>R_{\text{общ}} = R</math> сила тока через амперметр определяется законом Ома для замкнутой цепи: <math>I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}</math>.</p>	
<p>3. При замыкании ключа сопротивление цепи скачком уменьшается в 2 раза, но ЭДС самоиндукции препятствует изменению силы тока через катушку. Поэтому сила тока через катушку при замыкании ключа не претерпевает скачка.</p>	
<p>4. Постепенно ЭДС самоиндукции уменьшается до нуля, а сила тока через катушку плавно возрастает до стационарного значения: <math>I_1 = 2 \frac{\mathcal{E}}{R} = 2I_0 = 6 \text{ A}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: значение силы тока – п. 4) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон Ома для полной цепи, явление самоиндукции)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.	2

<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>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>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>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

### Работа 3.1 (3 балла)

В данной схеме ток протекает по одному резистору, когда переключают ключ, то ток течёт по двум параллельным резисторам  $(R_1 \parallel R_2)$   $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  поэтому сила тока увеличивается в два раза из-за параллельного соединения и равен  $I = 2I_0$ .

$I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{R}$ ,  $I = \frac{2\mathcal{E}_0}{R}$ ;  $\mathcal{E} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ;  $\mathcal{E}$  (ЭДС) - приращение изменения тока и когда ток перестанет изменяться (увеличиваться), то  $\mathcal{E}$  - пропадает.

В работе дан правильный ответ (отсутствие единиц измерения в ответе в данном случае может расцениваться как описка, поскольку есть явное указание на то, что сила тока увеличивается в два раза). Есть указания на все законы и явления, перечисленные в критериях. Работа оценивается в 3 балла.

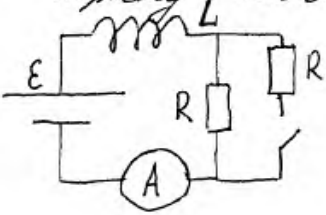
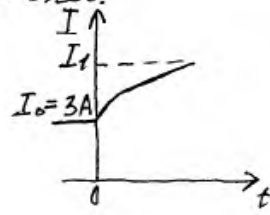
Работа 3.2 (2 балла)

Сила тока в цепи увеличивается постоянно, т.к. в цепи находится катушка. При замыкании ключа сопротивление цепи уменьшается в 2 раза. Следовательно, сила тока начинает возрастать, и при замыкании  $I$ , в катушке происходит изменение магнитного потока, создаваемой этим током. Появляется ЭДС индукции в катушке. ЭДС препятствует росту силы тока.

$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = 3 \text{ A}$

$I_1 = \frac{2\mathcal{E}}{R} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ A}$

Ответ:  $I_1 = 6 \text{ A}$ .

Дан верный ответ, в объяснении присутствуют указания на закон Ома для полной цепи и описано явление самоиндукции. Первая фраза является неверной, но отнесена к лишним записям. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 3.3 (2 балла)

По правилу Ленца при уменьшении или увеличении силы тока в цепи, в катушке возникает индукционный ток, который противодействует тому изменению магнитного потока, на который его вызывает.

При замыкании ключа ток катушки будет проходить через оба резистора, в результате чего общая сила тока будет равна  $2I_0$ , откуда сила тока  $I_{\text{общ}} = 2I_0$ , т.е.  $I_{\text{общ}} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ A}$ .

Ответ:  $6 \text{ A}$ .

Дан правильный ответ, но нет указания на закон Ома для полной цепи и есть логический недочёт в формулировке правила Ленца. Поскольку недостатки решения не суммируются, итоговый результат – 2 балла.

Работа 3.4 (1 балл)

а) При замыкании ключа, сила тока в цепи резко падает, потому что в цепи параллельно включается дополнительное сопротивление с соответствующим сопротивлением, следовательно, общее сопротивление цепи будет определяться по формуле  $\frac{1}{R_{общ}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R}$ . Таким образом, согласно на Закон Ома для полной цепи ( $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ ), сопротивление, которое стоит в знаменателе правой части, а сила тока, которая находится в обратной зависимости (обратно пропорциональна) от сопротивления резко падает. б) Ток или сопротивление уменьшится вдвое, значит сила тока увеличится  $I_1 = 2I_0 = 2 \cdot 3A = 6A$   
 Ответ: 6А.

Дан правильный ответ, но не указано явление самоиндукции. При этом плавность изменения силы тока объясняется ошибочно. Таким образом, указаны не все необходимые явления и законы, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 3.5 (1 балл)

При замыкании ключа  $I$  (сила тока) начинает возрастать. Это происходит из-за того, что когда ключ замкнут, устанавливается параллельное сопротивление ( $R$ ) следовательно оно уменьшится в два раза, т.к. сопротивления одинаковы. Из закона Ома для полной цепи следует:  $\mathcal{E} = \frac{I_0}{R+r}$   
 т.к.  $r$  - приближается, а  $R$  уменьшено будет ( $\frac{1}{2}R$ )  $\mathcal{E} = \frac{I_0 \cdot 2}{R} \Rightarrow$   
 $I_1 = I_0 \cdot 2 = 3A \cdot 2 = 6A$   
 Ответ: 6А.

Дан верный ответ, и имеются рассуждения, направленные на решение задачи. Полностью отсутствует указание на явление самоиндукции, формула закона Ома написана ошибочно. Работа оценивается в 1 балл.



#### 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.

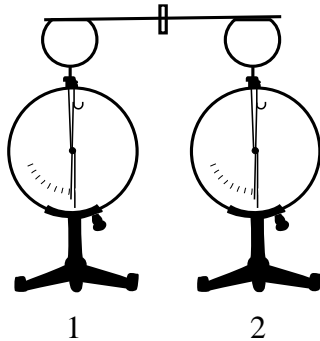


Рис. 1

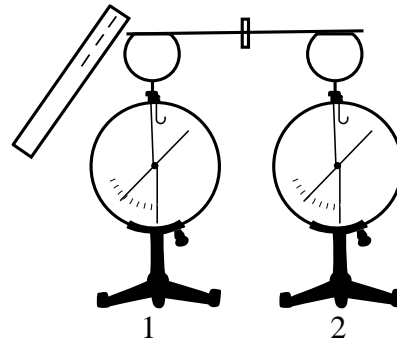


Рис. 2

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 исчерпывающие верные рассуждения 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

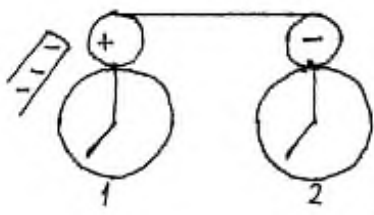
И (ИЛИ)	
В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, 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

#### Работа 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 (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.

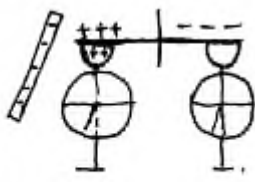
Работа 4.2 (2 балла)



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 <sup>зарядов</sup> 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.

Работа 4.3 (1 балл)



1) Поднесли отрицательно заряженную палочку, и в верхней части начнем индуцироваться положительными зарядами по закону распределения зарядов.

2) Но т.к. стержень металлический и левая сторона будет заряжена положительно, т.к. стержень ~~уменьшит~~ <sup>уменьшит</sup> количество ~~ионизируемых~~ <sup>ионизируемых</sup> электронов, заряды начнут индуцироваться отрицательные в левую сторону, и по закону перераспределения зарядов в правой стороне начнут индуцироваться отрицательные заряды, сила Кулона будет действовать  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

3) Делаем вывод, что в левой стороне <sup>стержня</sup> ~~начнем~~ <sup>начнем</sup> индуцироваться положительные заряды, а в правой отрицательные, убираем стержень, после этого, в левой стороне электроны уменьшаются количеством ~~положительно~~ <sup>положительно</sup> 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.

Работа 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 передают заряд на стержень, соединяющий оба прибора. Этот стержень привел заряд и на соседний электрометр. Электроны (настроенный) движутся равномерно, но есть по одинаковой численности катодов из приборов. Когда у одного стержень, то есть проводник тогда показанные этих приборов переменяются.

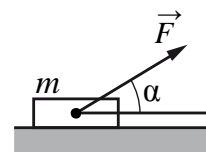
Так как палочка была заряжена отрицательно, а электрометр не имеет никакого заряда (то не видно из первого пункта) то оба прибора при поднесении палочки стали отрицательно заряженными.

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

### 3.2. Примеры оценивания ответов на задания 25 и 26

#### Задание 1

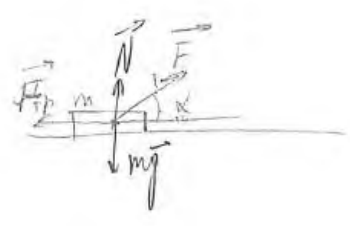
Брусок массой  $m = 2$  кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и плоскостью  $\mu = 0,2$ . Модуль действующей на брусок силы трения  $F_{\text{тр}} =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



Возможное решение	
<p>Запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось: <math>0 = N - mg + F \sin \alpha</math>.</p> <p>Выражение для силы трения скольжения имеет вид <math>F_{\text{тр}} = \mu N</math>. Выполняя преобразования, получим: <math>F_{\text{тр}} = \mu(mg - F \sin \alpha)</math>. В итоге, искомая сила <math>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</math> Н.</p> <p>Ответ: <math>F = 12</math> 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 (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 1.1 (2 балла)

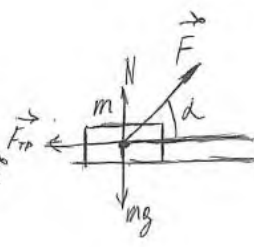
<p>Дано:</p> <p><math>m = 2 \text{ кг}</math></p> <p><math>\alpha = 30^\circ</math></p> <p><math>\mu = 0,2</math></p> <p><math>F_{\text{TP}} = 2,8 \text{ Н}</math></p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p><math>F = ?</math></p>	<p>Решение:</p> $N = \frac{F_{\text{TP}}}{\mu} = \frac{2,8}{0,2} = 14 \text{ Н}$ $N + F \sin \alpha - mg = 0$ <p><del>.....</del></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><math>m = 2 \text{ кг}</math></p> <p><math>\alpha = 30^\circ</math></p> <p><math>\mu = 0,2</math></p> <p><math>F_{\text{TP}} = 2,8 \text{ Н}</math></p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p><math>F = ?</math></p>	<p><math>F_{\text{TP}} = \mu N</math></p> <p><del>.....</del></p> $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{TP}} + \vec{F} = m\vec{a}$ <p>OX: <math>F \cos \alpha - F_{\text{TP}} = ma</math></p> <p>OY: <math>N = mg - F \sin \alpha</math></p> $F_{\text{TP}} = \mu (mg - F \sin \alpha)$ $F_{\text{TP}} = \mu N$ $2,8 = 0,2 \cdot N = 14$ $N = mg - F \sin 30^\circ$ <p><del>.....</del></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)**

Дано:

$m = 2 \text{ кг}$   
 $\alpha = 30^\circ$   
 $\mu = 0,2$   
 $F_{тр} = 2,8 \text{ Н}$

---

$F = ?$

Решение:

По II закону Ньютона

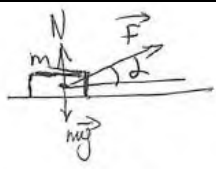
$N + F \sin \alpha - mg = 0$   
 $F_{тр} = 2,8 \text{ Н} = \mu N$

~~Сила тяжести  $mg$  направлена вертикально вниз. Сила реакции  $N$  направлена вертикально вверх. Сила  $F$  направлена под углом  $\alpha$  к горизонту.~~

~~Сила трения  $F_{тр}$  направлена вправо.~~

Ответ: ~~12 Н~~

$F = \frac{mg - N}{\sin \alpha} = \frac{mg - F_{тр}/\mu}{\sin \alpha} = \frac{2 \cdot 10 - 2,8/0,2}{\sin 30^\circ} = 12 \text{ Н}$



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)**

Дано:

$m = 2$   
 $\alpha = 30^\circ$   
 $\mu = 0,2$   
 $F_{тр} = 2,8 \text{ Н}$

Найти:

$F$

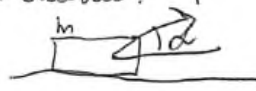
Решение:

$N + F \sin \alpha - mg = 0$

$F = \mu N$

$F = \mu (mg - F \sin \alpha) = 0,2 \cdot (20 - 6) = 0,2 \cdot 14$

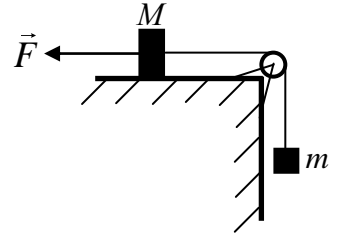
$F = 2,8$  Ответ:  $F = 2,8$



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  $2 \text{ м/с}^2$ , направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен  $0,2$ . Чему равен модуль силы  $F$ ?



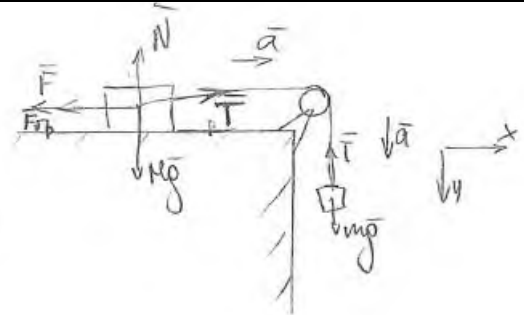
Возможное решение	
<p>Грузы связаны лёгкой нерастяжимой нитью, а блок идеальный, следовательно, силы натяжения нити одинаковы и грузы движутся с одинаковыми ускорениями. Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную и вертикальную оси, направленные по направлению движения грузов: <math>Ma = T - F - F_{\text{тр}}</math>, <math>0 = N - Mg</math> и <math>ma = mg - T</math>.</p> <p>Выражение для силы трения скольжения имеет вид <math>F_{\text{тр}} = \mu N</math>.</p> <p>Выполняя преобразования, получим <math>Ma = T - F - \mu Mg</math>, <math>ma = mg - T</math>.</p> <p>В итоге получим:  <math>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}</math>.</p> <p>Ответ: <math>F = 0,8 \text{ Н}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, формула для силы трения скольжения</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, 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 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:  
 $\begin{cases} \text{Oy: } Mg = N \\ \text{Ox: } T - F - F_{\text{тр}} = Ma \quad (1) \\ F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg \quad (2) \end{cases}$



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

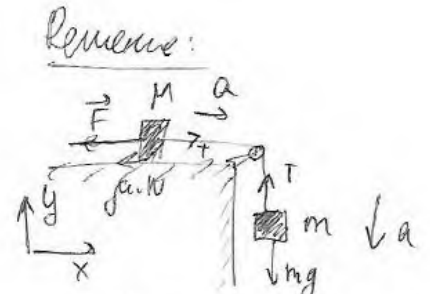
$(2) \text{ и } (3) \rightarrow (1)$   
 $m(g - a) - F - \mu Mg = Ma$   
 $F = m(g - a) - M(\mu g + a)$   
 $F = 0,5(10 - 2) - 0,8(0,2 \cdot 10 + 2) = 0,5 \cdot 8 - 0,8 \cdot 4 = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ Н}$   
 Ответ: 0,8 Н

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

Решение:



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

На  $m$ :

$$\begin{aligned} \uparrow \text{На } y: & -mg + T = -ma \\ \downarrow & T = m \cdot (g - a) \end{aligned}$$

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

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

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

$$\Rightarrow F = 0,5 \cdot (8) - 0,8 \cdot (2 + 2) = 4,8 \text{ (H)} \quad 0,8 \text{ (H)}$$

Ответ:  $0,8 \text{ (H)}$

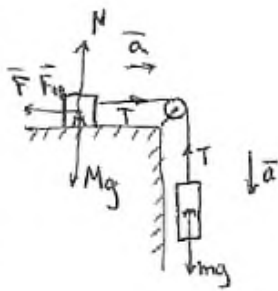
Приведено полное верное решение: записаны все необходимые формулы, проведены преобразования, представлены вычисления и верный ответ. Работа оценивается в 2 балла.

### Работа 2.3 (1 балл)

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


---

 $F = ?$



Спроецируем силы на ось (вз. Ньютона)

$$\begin{cases} F_{\text{тр}} = \mu N \\ N = Mg - \text{на } Oy \\ T - F - F_{\text{тр}} = Ma \\ mg - T = ma \end{cases}$$

$$Ma + ma = mg - F - F_{\text{тр}}$$

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

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


---

 $F = ?$

Решение:

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

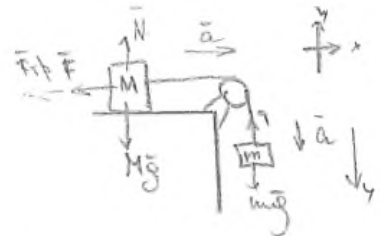
Тело  $M$ :  $\vec{F} + \vec{N} + M\vec{g} = M\vec{a}$      $Ox: T - F - F_{\text{тр}} = Ma$

$Oy: N = Mg$

$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$

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

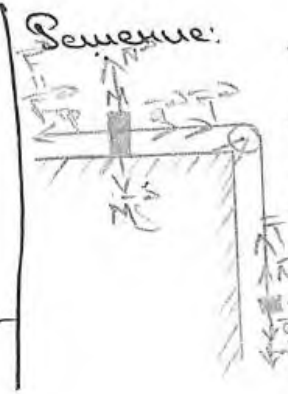
Ответ:  $4 \text{ Н}$ .



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:  


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

$$Ox: N - mg = ma$$

$$Oy: N = mg$$

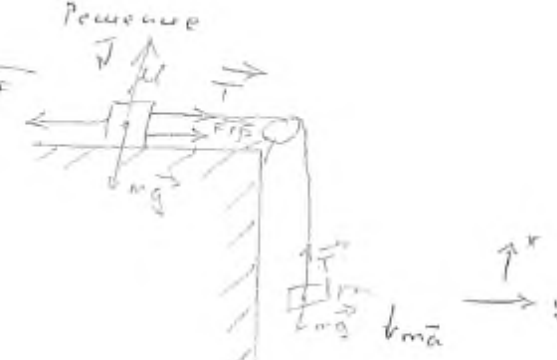
$$1) N = 0,5 \cdot 10 = 5$$

$$2) F_{tr} = \mu \cdot N = 0,2 \cdot 5 = 1,0$$
 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:  
 $M = 0,2 \text{ кг}$   
 $m = 0,5 \text{ кг}$   
 $a = 2 \text{ м/с}^2$   
 $\mu = 0,2$   
 $|\vec{F}| = ?$

Решение:  


для  $m$  по II закону Ньютона  

$$T - mg = ma$$

$$Oy: T = mg + ma$$

для  $M$   

$$mg + F + T + N + T + F_{tr} = ma$$

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

$$Oy: N = Mg$$

$T = 5 + 1 = 6 \text{ Н}$  т.к. нить нерастяжима  $\Rightarrow T_1 = T_2$   
 $F = 1,0 + M \cdot a + 6$   
 $N = Mg$   
 $F = 1,0 + 0,2 \cdot 2 + 6 = 7,4 \text{ Н}$   
 Ответ: 7,4 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: <math>m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}</math>. Поскольку скорости шариков перед ударом были направлены взаимно перпендикулярно, то импульсы шариков математически связаны теоремой Пифагора: <math>(mv_1)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2</math>. Так как по условию <math>v_1 = 2v_2</math>, то <math>(2mv_2)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2 \Rightarrow 5(mv_2)^2 = 4(mv)^2</math>. В результате получим: <math>v_2 = 2v/\sqrt{5} = 2 \cdot 1,5/\sqrt{5} \approx 1,34</math> м/с.</p> <p>Ответ: <math>v_2 \approx 1,34</math> 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: <u>закон сохранения импульса</u>);</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
<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)

$V_1 = 2V_2$   
 $\vec{V}_1 \perp \vec{V}_2$   
 $V_2' = 1,5 \mu/c$   
 $V_2 = ?$



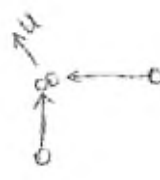
Введем о.к.  $\parallel \vec{V}_1$ ; о.г.  $\uparrow \vec{V}_2$   
 по 3СК:  $m\vec{V}_2 + m\vec{V}_1 = 2m\vec{V}_2'$ , где  $V_2'$  — скорость  
 после столкн.

$\Rightarrow \vec{V}_2 + \vec{V}_1 = 2\vec{V}_2'$ , т.к.  $\vec{V}_2 \perp \vec{V}_1$ , то  $V_2^2 + V_1^2 = 4V_2'^2 \Rightarrow$   
 $V_2 = \sqrt{4V_2'^2 - V_1^2} \Rightarrow V_2^2 + 4V_2^2 = 4V_2'^2 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow V_2 = 2V_2' \sqrt{\frac{1}{5}} = 3 \sqrt{\frac{1}{5}} = 1,3 (\mu/c)$   
 Ответ:  $V_2 = 1,3 \mu/c$

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:  
 $m_1 = m_2$   
 $v_1 = v_2$   
 $U = 1,5 \frac{\mu}{c}$



Найти:  
 $v_3 = ?$

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

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:  
 $V_2 = ?$

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

Ответ:  $1 \text{ м/с}$

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

**Работа 3.4 (0 баллов)**

Дано:  
 $v_1 = 2v_2$

$v_1^2 = 4v_2^2 + v_2^2 = 5v_2^2$

$v_1 = \sqrt{5} v_2$

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

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

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

#### Задание 4

Фототок с литиевого фотокатода, освещаемого монохроматическим излучением с длиной волны  $\lambda_0$ , прекращается при некотором значении запирающего напряжения. Если длину волны уменьшить в 1,5 раза, то для прекращения фототока необходимо увеличить запирающее напряжение в 2 раза. Работа выхода электронов из лития равна 2,39 эВ. Определите по этим данным  $\lambda_0$ .

Возможное решение	
<p>1. Для решения задачи воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта, в котором энергию фотона запишем с помощью формулы Планка:</p> $h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{ВЫХ}} + eU_{\text{зап}},$ <p>где <math>U_{\text{зап}}</math> – модуль запирающего напряжения.</p> <p>2. Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта для обоих случаев:</p> $h \frac{c}{\lambda_0} = A_{\text{ВЫХ}} + eU_{\text{зап}};$ $h \frac{1,5c}{\lambda_0} = A_{\text{ВЫХ}} + 2eU_{\text{зап}},$ <p>4. Исключая из системы <math>eU_{\text{зап}}</math>, получим: <math>h \frac{0,5c}{\lambda_0} = A_{\text{ВЫХ}}</math>,</p> <p>откуда:</p> $\lambda_0 = h \frac{0,5c}{A_{\text{ВЫХ}}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \frac{0,5 \cdot 3 \cdot 10^8}{2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 259 \text{ нм.}$ <p>Ответ: <math>\lambda_0 \approx 259 \text{ нм}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, формула Планка</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</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 4.1 (2 балла)

<p>Дано:</p> <p><math>A_{\text{вых}} = 2,399 \text{ В}</math></p> <p><math>U_2 = 2 U_1</math></p> <p><math>h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}</math></p> <p>кайти:</p> <p><math>\lambda_0 = ?</math></p>	<p>Решение:</p> <p>1) Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:</p> $E_{\text{ф}} = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}$ <p>2) <math>E_{\text{ф}} = h\nu</math>, <math>\frac{c}{\nu} = \lambda</math> <math>E_{\text{ф}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}</math>, <math>E_{\text{ф}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}</math></p> $\frac{h \cdot c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}$ <p>3) При зашорачивании напряжения фототок прекращается <math>\Rightarrow E_{\text{к}} = e \cdot U_3</math></p> $\frac{h \cdot c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + e \cdot U_3$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <div style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;"><math>\frac{h \cdot c}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + e \cdot U_{31}</math></div> <div style="padding: 5px;"><math>e \cdot U_{32} = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} - A_{\text{вых}}</math></div> </div> <p>4) Зашорачивание напряжения увеличилось, значит <del>увеличилась</del> увеличилась энергия фотонов, <u>уменьшилась</u> длина волны <math>\lambda' = \frac{\lambda_0}{1,5}</math> - длина волны после изменения</p> <p>5) <math>\frac{h \cdot c \cdot 1,5}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + e \cdot U_{32}</math></p> $\frac{h \cdot c \cdot 1,5}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + e \cdot 2 \cdot U_{31}$ $\frac{h \cdot c \cdot 1,5}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + 2 \left( \frac{h \cdot c}{\lambda_0} - A_{\text{вых}} \right)$ <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <math>1,5 \frac{h \cdot c}{\lambda_0} = \frac{2 \cdot h \cdot c}{\lambda_0} - A_{\text{вых}}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <math>A_{\text{вых}} = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} \cdot 0,5</math> </div> </div> $\lambda_0 = \frac{h \cdot c \cdot 0,5}{A_{\text{вых}}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5}{2,399 \text{ В} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}$ $= \frac{2,97 \cdot 10^{-26}}{3,8384 \cdot 10^{-19}} = 7,74 \cdot 10^{-8} \text{ м} = 259 \text{ нм}$ <p style="text-align: center;">Ответ: <math>\lambda_0 = 259 \text{ нм}</math></p>
--	--

Приведено полностью верное решение. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 4.2 (1 балл)

$A_{\text{вых}} = 2,39 \text{ эВ}$   
 $U_2 = 2U_1$   
 $\lambda_2 = \frac{2}{3} \lambda_0$   
 $\lambda_0 = ?$

Для первого случая:  
 $\frac{hc}{\lambda_0} = eU_1 + A_{\text{вых}}$   
 Для второго:  
 $\frac{hc}{\lambda_2} = eU_2 + A_{\text{вых}}$   
 т.к.  $U_2 > U_1$ , то  $eU_2 + A_{\text{вых}} > eU_1 + A_{\text{вых}}$  и  $\frac{hc}{\lambda_2} > \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_2 < \lambda_0 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{2}{3} \lambda_0$ .

$\left\{ \begin{array}{l} \frac{hc}{\lambda_0} = eU_1 + A_{\text{вых}} \\ \frac{3hc}{2\lambda_0} = 2eU_1 + A_{\text{вых}} \end{array} \right. \Rightarrow A_{\text{вых}} = \frac{hc}{2\lambda_0}$   
 $\lambda_0 = \frac{hc}{2A_{\text{вых}}} \approx 260 \text{ нм}$   
 Ответ:  $\lambda_0 = 260 \text{ нм}$

Отсутствует подстановка числовых значений в конечную формулу. В соответствии с критериями работа оценивается 1 баллом.

Работа 4.3 (1 балл)

Запишем уравнение Эйнштейна для первого и второго случая

$$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + eU_3, \text{ где } \nu_1 = \frac{c}{1,5\lambda_0} \quad \left| \quad h\nu_2 = A_{\text{вых}} + 2eU_3, \text{ где } \nu_2 = \frac{c}{\lambda_0}$$

$$\frac{hc}{1,5\lambda_0} = A_{\text{вых}} + eU_3 \quad \left| \quad \frac{hc}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + 2eU_3.$$

$$\begin{cases} \frac{hc}{1,5\lambda_0} - A_{\text{вых}} = eU_3 \\ \frac{hc}{\lambda_0} - A_{\text{вых}} = 2eU_3 \end{cases}$$

Решим систему уравнений для нахождения  $\lambda_0$  подставив во второе выражение вместо  $eU_3$

$$\frac{hc}{1,5\lambda_0} - A_{\text{вых}} \dots$$

$$2\left(\frac{hc}{1,5\lambda_0} - A_{\text{вых}}\right) = \frac{hc}{\lambda_0} - A_{\text{вых}}$$

$$\frac{2hc}{1,5\lambda_0} - 2A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda_0} - A_{\text{вых}}$$

$$\frac{2hc}{1,5\lambda_0} - \frac{hc}{\lambda_0} = -A_{\text{вых}} + A_{\text{вых}}$$

$$\frac{0,5hc}{1,5\lambda_0} = A_{\text{вых}}, \text{ откуда}$$

$$\lambda_0 = \frac{0,5hc}{1,5A_{\text{вых}}}$$

Вычисления:

$$\lambda_0 = \frac{0,5 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = \frac{9,9 \cdot 10^{-26}}{5,736 \cdot 10^{-19}} \approx$$

$$1,726 \cdot 10^{-7} \text{ м} \approx 172,6 \text{ нм.}$$

Ответ:  $\lambda_0 \approx 172,6 \text{ нм}$

Правильно записано уравнение Эйнштейна для фотоэффекта для двух случаев. Неверно интерпретировано изменение длины волны электромагнитного излучения, в результате чего неправильно определена частота излучения и длина волны. В соответствии с критериями работа оценивается 1 баллом.

Работа 4.4 (0 баллов)

$$\begin{array}{l}
 A_{\text{вых}} = 2,39 \text{ В} \\
 1,5 \lambda_0 = \lambda_2 \\
 2 U_{\text{зоп}_1} = U_{\text{зоп}_2} \\
 \hline
 \lambda_0
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} A_{\text{вых}} = 2,39 \text{ В} \\ 1,5 \lambda_0 = \lambda_2 \\ 2 U_{\text{зоп}_1} = U_{\text{зоп}_2} \\ \hline \lambda_0 \end{array}} \right\}$$

$$h\nu = E_{\text{кин}} + A_{\text{вых}}$$

$$\frac{hc}{\lambda_0} = E_{\text{кин}} + A_{\text{вых}} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_0 = \frac{hc}{U_{\text{зоп}}/q + A_{\text{вых}}} \\ \lambda_0 = \frac{hc}{3U_{\text{зоп}}/q + A_{\text{вых}}} \end{cases}$$

$$2 U_{\text{зоп}} E_c = \frac{1}{2} A_{\text{вых}}$$

$$E_c = \frac{1}{4} A_{\text{вых}}$$

$$\lambda_0 = \frac{4hc}{5A_{\text{вых}}} = \frac{4 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5 \cdot 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,14 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Ответ.  $4,14 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

Отсутствует уравнение Эйнштейна для фотоэффекта для второго случая. В соответствии с критериями работа оценивается 0 баллов.

Работа 4.5 (0 баллов)

Записав систему из 2-х уравнений:  
 (Т.к. после уменьшения  $\lambda_0$  в 1,5 раз  
 $U_3$  пришлось увеличиться, но можно  
 сделать вывод, что  $\lambda_0$  уменьшился в  
 1,5 раз)

$$\begin{cases} \frac{hc}{\lambda_0} = 2,39 \text{ эВ} + eU_3 & | \cdot 2 \\ \frac{hc}{0,66\lambda_0} = 2,39 \text{ эВ} + 2eU_3 \end{cases}$$

$$+ \begin{cases} -\frac{2hc}{\lambda_0} = -4,78 - 2eU_3 \\ \frac{hc}{0,66\lambda_0} = 2,39 \text{ эВ} + 2eU_3 \end{cases}$$

$$\frac{hc}{0,66\lambda_0} - \frac{2hc}{\lambda_0} = 2,39 - 4,78$$

$$\frac{-0,5hc}{\lambda_0} = -2,39$$

$$\lambda_0 = \frac{0,5 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\lambda_0 = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Ответ:  $2,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

Исходные уравнения Эйнштейна для фотоэффекта в эВ записаны неверно. В соответствии с критериями работа оценивается 0 баллов.

**Задание 5**

Электрическая лампа мощностью 60 Вт испускает каждую секунду  $1 \cdot 10^{19}$  фотонов. Коэффициент полезного действия лампы равен 6%. Определите среднюю длину волны излучения.

<b>Возможное решение</b>	
<p>1. Энергия одного фотона согласно формуле Планка равна</p> $E_0 = \frac{hc}{\lambda}, \quad (1)$ <p>где <math>\lambda</math> – длина световой волны, <math>c</math> – скорость света в вакууме, <math>h</math> – постоянная Планка.</p> <p>2. Коэффициент полезного действия лампы связан с мощностью излучения, энергией фотона и их количеством соотношением</p> $\eta = \frac{NE_0}{P\Delta t}, \quad (2)$ <p>где <math>\Delta t</math> – промежуток времени, <math>N</math> – количество испускаемых за это время фотонов.</p> <p>3. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для средней длины излучения:</p> $\lambda = \frac{Nhc}{\eta P\Delta t} = \frac{1 \cdot 10^{19} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,06 \cdot 60 \cdot 1} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 550 \text{ нм.}$ <p>Ответ: <math>\lambda = 550 \text{ нм}</math></p>	
<b>Критерии оценивания выполнения задания</b>	<b>Баллы</b>
<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 энергии фотона, выражение для КПД лампы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;</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, 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 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

Работа 5.1 (2 балла)

26

$$N = 60 \text{ Вт}$$

$$n = 1 \cdot 10^{19} \text{ фотон/сек}$$

$$\eta = 6\%$$

$$\lambda_{\text{ср}} = ?$$

Получим полезную работу лампы ртутной лампы излучающей фотонами  
За одну секунду полезная работа лампы составит:

$$A_{\text{п}} = N \eta \cdot 1 \text{ сек} = 60 \text{ Вт} \cdot 0,06 \cdot 1 \text{ сек} =$$

$$= 3,6 \text{ Дж.}$$

С другой стороны:  $A_{\text{п}} = n \cdot h \nu = n \cdot \frac{hc}{\lambda}$

$$n \cdot \frac{hc}{\lambda} = N \cdot \eta \cdot 1 \text{ сек}$$

$$\lambda = \frac{hc}{A_{\text{п}}}$$

$$\lambda = \frac{h \cdot hc}{3,6 \text{ Дж}} = \frac{10^{19} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{м} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3,6 \text{ Дж}} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

Ответ:  $5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

Приведено полностью верное решение задачи. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 5.2 (2 балла)

Дано:

$$P = 60 \text{ Вт}$$

$$N = 10^{19} \text{ фотонов}$$

$$t = 1 \text{ с}$$

$$\eta = 0,06$$

$$\lambda = ?$$

Решение:

$$\eta = \frac{A_{\text{полез}}}{A_{\text{затр}}} \cdot 100\% - \text{КПД лампочки, где } A_{\text{полез}} - \text{полезная работа}$$

$A_{\text{затр}} - \text{затраченная работа}$

$A_{\text{затр}} = P \cdot t$ , что следует из формулы определения мощности  $P = \frac{A}{t}$ , где  $t$  - время,  $P$  - мощность

$A_{\text{полез}} = N E$  - полезная работа состоит из  $E$  - энергии одного фотона,  $N$  - кол-во фотонов

$$E = \frac{hc}{\lambda} - \text{энергия фотона, где } \lambda - \text{длина волны, } hc - \text{константа}$$

КПД переводим в доли и убираем проценты из формулы

$$\eta = \frac{N E}{P t} = \frac{N \frac{hc}{\lambda}}{P t} = \frac{N hc}{P t \lambda}; \quad \lambda = \frac{N hc}{\eta P t}$$

$$\lambda = \frac{10^{19} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,06 \cdot 60 \cdot 1} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}$$

Ответ:  $5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

Приведено полностью верное решение задачи. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 5.3 (1 балл)

25) Дано:	Решение: $\eta = 6\% = 0,06$
$P = 60 \text{ Вт}$	$\frac{N}{t} = 1 \cdot 10^{19} \Rightarrow N = 10^{19}$
$\frac{N}{t} = 1 \cdot 10^{19}$	$\eta = \frac{P_{\text{исп.}}}{P}; P_{\text{исп.}} = \eta P; P_{\text{исп.}} = 0,06 \cdot 60 = 3,6 \text{ (Вт)}$
$\eta = 6\%$	$P_{\text{исп.}} = N E_{\text{ф}}; E_{\text{ф}} = \frac{P_{\text{исп.}}}{N}; E_{\text{ф}} = \frac{3,6}{10^{19}} = 3,6 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}$
$\lambda = ?$	$E_{\text{ф}} = h \frac{c}{\lambda}; \lambda = \frac{hc}{E_{\text{ф}}}; \lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,6 \cdot 10^{-19}} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ (м)} = 550 \text{ (нм)}$
	Ответ: $\lambda = 550 \text{ нм}$ .

Приведено верное решение задачи и получен верный ответ, но в процессе решения указаны неверные единицы мощности. Работа оценивается 1 баллом.

Работа 5.4 (1 балл)

Дано:	Решение: №26.
$P = 60 \text{ Вт}$	1) $P_1 = \frac{A}{t}$ $A = E$ 3) $P_1 = \frac{E}{t} \Rightarrow P_1 = \frac{hcNt}{\lambda t}$
$N = 1 \cdot 10^{19}$ 1 сек.	2) $E = h\nu N = h \frac{c}{\lambda} N = h \frac{c}{\lambda} Nt$ - т.к. лампа выдает $10^{19}$ фотонов за 1 секунду.
$\eta = 6\% = 0,06$	$\nu = \frac{c}{\lambda}$
Найти:	4) $P_{\text{исп.}} = \frac{hcN}{\lambda} = \frac{hcN}{\lambda}$ - полезная мощность
$\lambda_{\text{ф}} = ?$	5) $\eta = \frac{P_{\text{исп.}}}{P} = \frac{P_1}{P} \Rightarrow \eta = \frac{P_1}{P}$
	$\eta = \frac{hcN}{\lambda P} \Rightarrow \eta \lambda P = hcN \Rightarrow \lambda = \frac{hcN}{\eta P} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1 \cdot 10^{19}}{0,06 \cdot 60 \text{ Вт}}$
	$5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 550 \text{ нм}$
	Ответ: $\lambda_{\text{ф}} = 550 \text{ нм}$

Приведены верные исходные формулы, получен верный ответ. В преобразованиях есть ошибки в указании времени в формулах. Работа оценивается 1 баллом.



Работа 5.5 (0 баллов)

№ 26

Дано  
 $P = 60 \text{ Вт}$   
 $t = 1 \text{ с}$   
 $\eta = 0,06$   
 $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $\lambda = ?$

Решение:

$$\eta = \frac{A}{Q} \quad \text{где } A - \text{ полезная работа, } Q - \text{ затраченная энергия}$$

$$A = Pt$$

$$Q = E \cdot N, \quad \text{где } E - \text{ энергия фотона}$$

$$\text{Получаем: } \eta = \frac{Pt}{E \cdot N} = \frac{Pt}{hc \cdot N} = \frac{\eta Pt}{hcN} \Rightarrow \eta hcN = \eta Pt \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{\eta hcN}{Pt} = \frac{0,06 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{19}}{60 \cdot 1} = 0,0198 \cdot 10^{-7} =$$

$$= 1,98 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 1,98 \text{ нм}$$

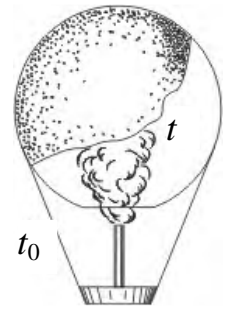
Ответ: 1,98 нм

В решении исходная формула для КПД неверна (перепутаны полезная и затраченные мощности). Работа оценивается 0 баллов.

### 3.3. Примеры оценивания ответов на задания 27–29

#### Задание 1

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



Возможное решение	
<p>Условие подъёма шара: <math>F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg</math>,</p> <p>где <math>M</math> – масса оболочки, <math>m</math> – масса воздуха внутри оболочки, отсюда <math>\rho_0 g V \geq Mg + \rho g V \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V</math>,</p> <p>Где <math>\rho_0</math> – плотность окружающего воздуха, <math>\rho</math> – плотность воздуха внутри оболочки, <math>V</math> – объём шара.</p> <p>Для воздуха внутри шара находим: <math>\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R</math>, или <math>\frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho</math>, где <math>p</math> – атмосферное давление, <math>T</math> – температура воздуха внутри шара. Соответственно, имеем плотность воздуха снаружи: <math>\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}</math>, где <math>T_0</math> – 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: <math>t = 265^\circ\text{C}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>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> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или</p>	2

<p>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 <b>одному</b> 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
<i>Максимальный балл</i>	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:

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

$$m_1 = \frac{P \bar{M} V}{R T}$$

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

$$m_2 = \frac{P \bar{M} V}{R T_0}$$

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

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

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

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

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)

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

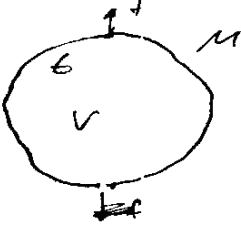
$$P V = \frac{m}{\bar{M}} R T \Rightarrow m = \frac{P V \bar{M}}{R T}; \rho_0 V = \frac{P_0 \bar{M}}{R T_0}$$

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

$\bar{M}$  - 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:  $M = 145 \text{ кг}$ ,  $V = 230 \text{ м}^3$ ,  $t_0 = 0^\circ \text{C}$ ,  
 Найти:  $t = ?$   
 Решение: Условие плавания шара.  

$$Mg = f_{\text{А}} + f_{\text{В}}, \quad f_{\text{А}} = \rho_0 g V$$
~~$$\rho_0 = \frac{\rho R T}{V} = \frac{\rho_0 R T_0}{M_0}$$~~

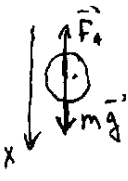
$$\rho_0 = \frac{\rho_0 M_0}{R T_0}$$

$$Mg = \frac{\rho_0 M_0 g V}{R T_0} + f \quad f = f(t) \quad \text{Так найдем } t$$

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)

$M = 145 \text{ кг}$   
 $V = 230 \text{ м}^3$   
 $\rho_0, T_0 = 273 \text{ К}$   
 $t = ?$



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

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

$\rho = \rho_0$  (т.к шар открыт)  
 $\rho$  - плотности воздуха при  $T = 0^\circ \text{C}$   
 давление снаружи и внутри шара равно т.к шар открыт

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

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

$\frac{M}{V} = \frac{\rho_0 T_0}{T_1} \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{\rho_0 T_0}{T_1} \Rightarrow T_1 = \frac{\rho_0 M V_0}{R m}$  (4)

$T_1 = \frac{10^5 \cdot 29 \cdot 10^{-1} \cdot 230}{8,31 \cdot 145} = \frac{6670 \cdot 10^2}{1235} \approx 430^\circ \text{K}$

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)

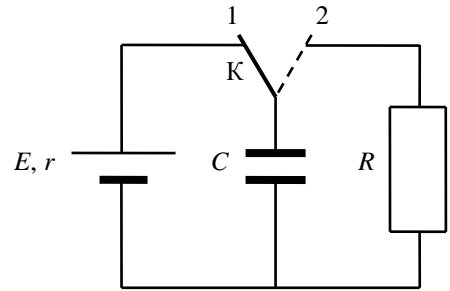
$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow T = \frac{p \cdot V}{R \cdot \frac{m}{M}} = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot m}$$
$$T = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 230 \text{ м}^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 145 \text{ кг}} = \frac{7360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

Ответ:  $338^\circ \text{C}$ .

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

## Задание 2

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 <math>t_0 = 0</math> конденсатор полностью заряжен, ток в левой части схемы (см. рисунок) равен нулю, поэтому напряжение между обкладками конденсатора равно ЭДС <math>E</math>, энергия конденсатора <math>W_0 = \frac{CE^2}{2}</math>.</p> <p>2. В момент <math>t &gt; 0</math> напряжение на конденсаторе <math>U</math> равно напряжению <math>IR</math> на резисторе в правой части схемы (см. рисунок). В этот момент энергия конденсатора <math>W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2}</math>.</p> <p>3. Пренебрегая потерями на излучение, получаем баланс энергии:  <math>W_0 = W + Q</math>, или <math>\frac{CE^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2} + Q</math>,  откуда  <math display="block">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}</math></p> <p>Ответ: <math>R = 100</math> 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 объеме 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>Максимальный балл</p>	3

**Работа 2.1 (3 балла)**

$t = 0$  конденсатор заряжен.

В момент переключения  $\rightarrow$  конденсатор максимален  
резистор минимален. на резистор падает ток от конденсатора

$Q = 75 \text{ мкКл}$  |  $W_{k1} = \frac{CE^2}{2}$  - зарядка конденсатора

$I = 0,1 \text{ А}$  |  $W_{k2} = \frac{CI^2}{2}$  - энергия в момент времени  $t = 0$

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

$C = 0,4 \text{ мФ}$  |  $W_{k1} = Q + W_{k2}$  |  $U^2 = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 25^2 - 2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6}} = \frac{40}{0,4} = 100$

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

$R = \frac{U}{I} = \frac{10}{0,1} = 100$

$0,7 \cdot 10^3 \text{ Ом}$  |  $U^2 = \frac{2 \cdot (CE^2 - Q)}{C}$  |  $I = \frac{U}{R}$

Полностью верное решение задачи. Работа оценивается 3 баллами.

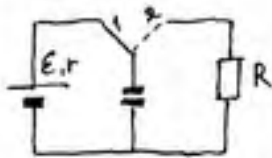


Работа 2.2 (3 балла)

<p>Дано:</p> <p><math>Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}</math></p> <p><math>I = 0,1 \text{ мА}</math></p> <p><math>E = 15 \text{ В}</math></p> <p><math>r = 30 \text{ Ом}</math></p> <p><math>C = 0,4 \text{ мкФ}</math></p> <p><math>R = ?</math></p>	<p><math>U_C</math></p> <p><math>25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}</math></p> <p><math>0,1 \cdot 10^{-3}</math></p> <p><math>0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}</math></p>	<p>Решение: 1) Когда ключ в положении 1 ток через конденсатор не проходит, на нем накапливается заряд, найдем его <math>W_k = \frac{CU^2}{2}</math>, где <math>U = E = 15 \text{ В}</math>; <math>W_k = \frac{CE^2}{2} = \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 225}{2} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}</math></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 <math>W = W_k - Q = 4,5 \cdot 10^{-5} - 25 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}</math>.</p> <p>3) Найдем энергию на резисторе, сможем найти по сопротивлению. <math>W = \frac{CU^2}{2}</math>, где <math>U = \sqrt{\frac{2W}{C}}</math> и по закону Ома где у нас есть <math>I = \frac{U}{R}</math>, где <math>R = \frac{U}{I}</math></p> <p><math>U = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5}}{0,4 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{100} = 10 \text{ В}</math>, тогда <math>R = \frac{10 \text{ В}}{0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}} = 1 \cdot 10^5 \text{ Ом}</math>.</p> <p>Ответ: <math>R_{\text{резистора}} = 10^5 \text{ Ом}</math>.</p>
--	---	---

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

Работа 2.3 (2 балла)

<p>Дано</p> <p><math>Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}</math></p> <p><math>E = 15 \text{ В}</math></p> <p><math>r = 30 \text{ Ом}</math></p> <p><math>I = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}</math></p> <p><math>C = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}</math></p> <p><math>R = ?</math></p>	<p>Решение:</p>  <p>① <math>\frac{CU^2}{2} = \frac{CE^2}{2} (U = E)</math></p> <p>② <math>\frac{CE^2}{2} = Q + \frac{CU^2}{2} (I = 0,1 \text{ мА})</math></p> <p><math>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}}}</math></p> <p><math>= \sqrt{225 - 125} = 10 \text{ В}</math></p> <p><math>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{ ГОм}</math></p> <p>Ответ: <math>R = 0,1 \text{ ГОм}</math></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 2.4 (1 балл)

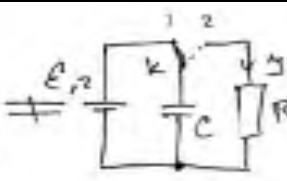
R-?

$Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$   
 $I = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$   
 $E = 15 \text{ В}$   
 $r = 30 \text{ Ом}$   
 $C = 0,4 \cdot 10^{-8} \text{ Ф} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$

1) Т.к. до момента переключения много энергии в конденсаторе, и после был в состоянии 1, то конденсатор заряжен,  $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$ , т.к.  $C=U$

2) После переключения много энергии в конденсаторе, но она уходит на нагрев, и работа конденсатора выделится на резисторе 1 виде тепла.

3) В состоянии много  $I$ ,  $I = \frac{E}{R+r}$ ;  $I = \frac{E}{r}$ . т.к.  $R$  нет,  $I = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ А}$   
 в состоянии 2  $I = 0,1 \text{ А}$   
 $Q = I^2 R \cdot t$ , где  $Q$  - работа,  $t$  - время, в течение которого по цепи идет ток от конденсатора:  
 $\frac{CU^2}{2} = \frac{C I^2 R^2}{2}$  по закону сохранения энергии  
 $R = \sqrt{\frac{CE^2}{C I^2}}$ ;  $R = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-8} \cdot 2,25}{0,01}} = 150 \text{ (Ом)}$   
 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 2.5 (0 баллов)

Дано:  
 $Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$   
 $I = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$   
 $E = 15 \text{ В}$   
 $r = 30 \text{ Ом}$   
 $C = 0,4 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$

R-?

Решение

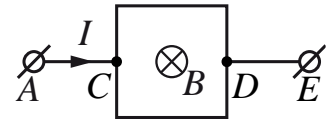
$I = 11 \text{ А}$      $I_2 = \frac{q}{t}$      $q = I_2 t$      $C = \frac{q}{U_2} \Rightarrow U_2 = \frac{q}{C} = \frac{I_2 t}{C}$   
 $Q = I_2^2 R t$      $R = \frac{Q}{I_2^2 t}$      $R = \frac{U_2^2 C}{I_2^2 t}$      $U_1, I_1$  - по закону Ома 1  
 $U_2, I_2$  - по закону Ома 2  
 $R_2$  - сопротивление конденсатора  
 $U = I_2 R_2$      $\frac{U}{R_2} = \frac{E}{R_2 + r}$      $U = \frac{E R_2}{R_2 + r}$   
 $R = \frac{E R_2 C}{I_2^2 (R_2 + r)}$

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

### Задание 3

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.

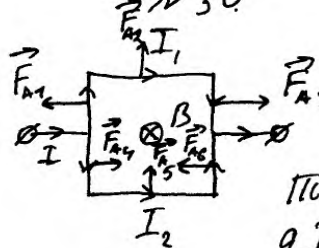


Возможное решение	
<p>1. В точке <math>C</math> ток <math>I</math> разделяется на два одинаковых по силе тока: <math>I_1 = \frac{I}{2}</math>, так как сопротивление обеих половин рамки одинаково.</p> <p>2. На каждый из участков прямого провода действует своя сила Ампера, перпендикулярная направлению 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 <math>F_A = I_1 B l</math>, где <math>l</math> – 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: <math>F = 2F_A = 2 \cdot \frac{I}{2} B L = I B L = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,04</math> Н, где <math>L</math> – длина стороны рамки.</p> <p>Ответ: <math>F = 0,04</math> 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 (<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>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

<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>	
<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
<p>Максимальный балл</p>	3

**Работа 3.1 (3 балла)**

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



*Правильная сила 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  $F_{A3}$   
 $\text{а } I_1$  огибающая;*

*$F_{A4}$  противоположно  $F_{A6}$ , а  $I_2$  огибающая то.*

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

*По формуле силы Ампера*  
 $F_A = BIL \sin \alpha$  ;  $F_A = BI_1 L + BI_2 L = BL(I_1 + I_2)$

*т.к. проводники параллельны соединены параллельно, то*  
 $I = I_1 + I_2$  ;  
 $F_A = IBL = 0,2 \text{ Тл} \cdot 2 \text{ А} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,04 \text{ Н.}$

**Ответ:** 0,04 Н.

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

Работа 3.2 (2балла)

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

т.к.  $\sin \alpha = 1$

Определим  $F_A$  для каждого участка по формуле левой руки:

для 1-2:  $\vec{F}_A \uparrow$  | 1-5:  $\vec{F}_1 \leftarrow$  |  $\leftarrow$  по вектору  
 3-4:  $\vec{F}_A \uparrow$  | 5-3:  $\vec{F}_2 \rightarrow$  |  $\rightarrow$  по вектору  
 2-6:  $\vec{F}_A \rightarrow$  |  $\rightarrow$  по вектору  
 6-4:  $\vec{F}_A \leftarrow$  |  $\leftarrow$  по вектору  
 $\vec{F}_A = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$

т.к. стороны рамки имеют равную длину, то сила тока в каждой равна  $I_{12} = I_{34} = 1 \text{ А}$

$\vec{F}_A = \vec{F}_{A1-2} + \vec{F}_{A3-4}$ . т.к. ток течет в одну сторону, следовательно,  $F_{A1-2} = F_{A3-4}$ .

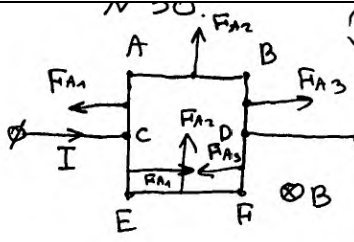
Тогда  $\vec{F}_{A1-2} = 2 \vec{F}_{A1-2} = 2 \cdot IBL = 2 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ Н}$

$= 0,4 \text{ Н}$ .

Ответ:  $F_A = 0,4 \text{ Н}$ .

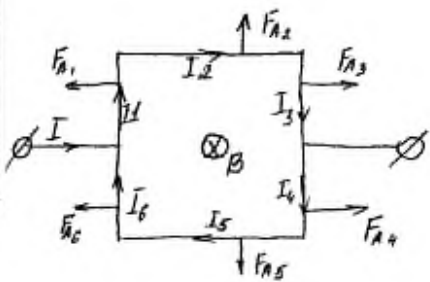
Приведено верное решение задачи и получен верный ответ, но на рисунке не указаны направления действующих сил (хотя ниже для каждого участка описаны эти направления). Работа оценивается в 2 балла за недостатки в рисунке.

Работа 3.3 (2 балла)

<p>Дано:</p> <p><math>l = 0,1 \text{ м};</math></p> <p><math>I = 2 \text{ А};</math></p> <p><math>B = 0,2 \text{ Тл};</math></p> <p>Найти:</p> <p><math>F_A</math></p>	 <p>Решение:</p> <p>П.к. соприкосновения проводов одинаково, но при взгляде к точке C ток пойдет и по верхнему, и по нижнему обходу. П.к. провода соединены параллельно, но можем записать:</p> <p><math>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};</math></p> <p>На проводник с током, находящийся в магнитном поле, действует сила Ампера, которая равна:</p> <p><math>F_A = I B l,</math> где <math>l</math> — 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><del>Сила</del> Силы, действующие на участки AC и CE равны по модулю и противоположны по направлению, (п.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: <math>F = F_{AB} + F_{EF};</math></p> <p><math>F = I_{AB} \cdot B \cdot l + I_{EF} \cdot B \cdot l;</math> Токи, как было сказано ранее, равны, следовательно <math>F = I_{AB} \cdot B \cdot l \cdot 2 =</math></p> <p><math>= \frac{I}{2} \cdot B \cdot l \cdot 2 = I B l; F = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,04 \text{ А.}</math></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.

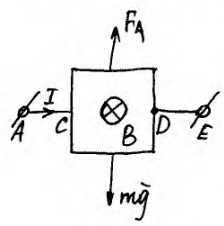
Работа 3.4 (1 балл)

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

Ответ: 0,08 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 3.5 (0 баллов)

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

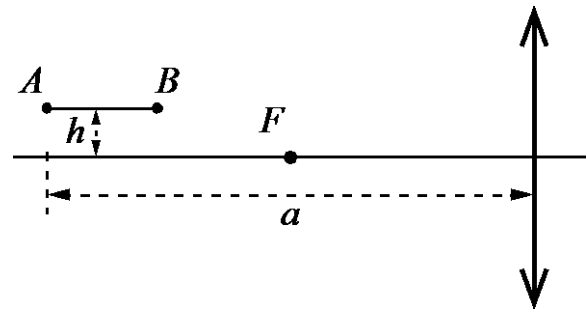
Ответ: 0,16 Н

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

#### Задание 4

В задании 4 следует обратить внимание на изменение системы оценивания в связи с обязательным представлением рисунка.

Тонкая палочка  $AB$  длиной  $l = 10$  см расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии  $h = 15$  см от неё (см. рисунок). Конец  $A$  палочки располагается на расстоянии  $a = 40$  см от линзы. Постройте изображение палочки в линзе и определите его длину  $L$ . Фокусное расстояние линзы  $F = 20$  см.



Возможное решение	
<p>1. Построение изображения <math>A'B'</math> предмета <math>AB</math> в линзе показано на рисунке.</p> <p>2. Так как точка <math>A</math> находится на расстоянии <math>2F</math> от линзы, то её изображение <math>A'</math> также находится на расстоянии <math>2F</math> от линзы, и расстояние от точки <math>A'</math> до главной оптической оси равно <math>h</math>.</p> <p>3. Длина изображения <math>A'B'</math></p> $L = \sqrt{(OC - 2F)^2 + (B'C - h)^2}.$ <p>4. Из формулы тонкой линзы</p> $\frac{1}{F} = \frac{1}{2F - l} + \frac{1}{OC} \text{ получим: } OC = \frac{F(2F - l)}{F - l} = 60 \text{ см.}$ <p>5. <math>\frac{B'C}{h} = \frac{OC}{2F - l}</math>, откуда: <math>B'C = h \frac{OC}{2F - l} = 30 \text{ см.}</math></p> <p>6. Окончательно получим: <math>L = \sqrt{(20)^2 + (15)^2} = \sqrt{625} = 25 \text{ см.}</math></p> <p>Ответ: <math>L = 25 \text{ см}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>формула линзы, выражение для длины изображения</u>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе;</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>	2



<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> <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>	
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения 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> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлен только <u>правильный</u> рисунок с указанием хода лучей в линзе</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 4.1 (3 балла)

Дано:  
 $l = 0,1 \text{ м}$   
 $h = 0,15 \text{ м}$   
 $a = 0,4 \text{ м}$   
 $F = 0,2 \text{ м}$   
 $L = ?$

$A'$   
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$   
 $d_1 = a$   
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f_1}$   
 $\frac{a-F}{Fa} = \frac{1}{f_1} \Leftrightarrow f_1 = \frac{Fa}{a-F} = \frac{0,08}{0,2} = 0,4 \text{ м}$   
 $\frac{H_1}{h} = \frac{f_1}{a} \Leftrightarrow H_1 = h \cdot \frac{f_1}{a} = h = 0,15 \text{ м}$

$B'$   
 $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \\ d_2 = a-l \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{F} = \frac{1}{a-l} + \frac{1}{f_2} \\ d_2 = a-l \end{array} \right.$   
 $f_2 = \frac{F(a-l)}{(a-l)-F} = \frac{0,06}{0,1} = 0,6 \text{ м}$   
 $\frac{H_2}{h_2} = \frac{f_2}{d_2} \Leftrightarrow H_2 = h_2 \cdot \frac{f_2}{d_2} = 0,3 \text{ м}$

$\Delta A'B'Q$   
 $\left\{ \begin{array}{l} A'B' = \sqrt{A'Q^2 + B'Q^2} \\ A'Q = f_2 - f_1 \\ B'Q = H_2 - H_1 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} A'B' = \sqrt{(f_2 - f_1)^2 + (H_2 - H_1)^2} = \sqrt{(0,2)^2 + (0,15)^2} = \\ = 0,25 \text{ м} \end{array} \right.$

Ответ:  $0,25 \text{ м}$

Представлен не содержащий ошибок рисунок. Все обозначения введены на рисунке. Записаны все необходимые формулы, проведены преобразования и получен верный ответ. Работа оценивается в 3 балла.

Работа 4.2 (2 балла)

Дано:  
 $F = 0,2 \text{ м}$   
 $L = 0,4 \text{ м}$   
 $h = 0,15 \text{ м}$   
 $a = 0,4 \text{ м}$

1.)  $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$   
 $\frac{1}{0,2} = \frac{1}{0,4} + \frac{1}{a'}$   
 $5 - 2,5 = \frac{1}{a'} = 2,5$   
 $a' = 0,4 \text{ м}$

2.)  $\frac{1}{F} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{a''}$   
 $\frac{1}{0,2} = \frac{1}{0,3} + \frac{1}{a''}$   
 $5 - 3,3 = \frac{1}{a''} \Rightarrow \frac{1}{a''} = 1,7 \Rightarrow a'' = 0,6 \text{ м}$

$A''B'' = a'' - a' = 0,6 \text{ м} - 0,4 \text{ м} = 0,2 \text{ м}$

3.)  $\angle A'A'' = H$   $\frac{H}{h} = \frac{a'}{a} = \frac{0,4}{0,4} = 1 \Rightarrow H = h = 0,15 \text{ м}$

4.)  $B'B'' = H'$   
 $\frac{H'}{h} = \frac{a''}{a'} = \frac{0,6}{0,3} = 2 \Rightarrow \frac{H'}{h} = 2 \Rightarrow H' = 2h = 0,3 \text{ м}$

В трапеции  $A'A''B''B'$ :  $A'A'' = 0,15 \text{ м}$ ;  $B'B'' = 0,3 \text{ м}$ ;  $A''B'' = 0,2 \text{ м}$ .  
 Построим через т.  $A'$   $A''B'' = 0,2 \text{ м}$   
 Из  $\triangle A'MB'$  - прямоугольного  $A'B' = \sqrt{A'M^2 + MB'^2} = \sqrt{(0,2)^2 + (B'B'' - A'A'')^2}$   
 $= \sqrt{(0,2)^2 + (0,3 - 0,15)^2} = \sqrt{(0,2)^2 + 0,15^2} = \sqrt{0,04 + 0,0225} =$   
 $= \sqrt{0,0625} \approx 0,25 \text{ м} \approx L$

Ответ:  $L = 0,25 \text{ м}$ .

Сделан верный рисунок с построением изображения предмета в линзе, введены необходимые обозначения, проведены необходимые преобразования, но в вычислениях допущена ошибка. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 4.3 (1 балл)

Дано:	СВ:
$L = 10 \text{ см}$	$= 0,1 \text{ м}$
$h = 15 \text{ см}$	$= 0,15 \text{ м}$
$q = 40 \text{ см}$	$= 0,4 \text{ м}$
$F = 20 \text{ см}$	$= 0,2 \text{ м}$
$L = ?$	

Изобразил:

$f_{\text{кв}} = 5 \text{ см}$

В решении представлен только верный рисунок построения изображения предмета  $AB$  в линзе. Работа оценивается 1 баллом за наличие правильного рисунка.

Работа 4.4 (0 баллов)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{40} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{40}$$

$$d = 40 \text{ см}$$

$$\Gamma = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

Представлен неверный рисунок построения изображения предмета  $AB$  в линзе. Формула линзы записана без учёта данных условия задачи. Работа оценивается 0 баллов.

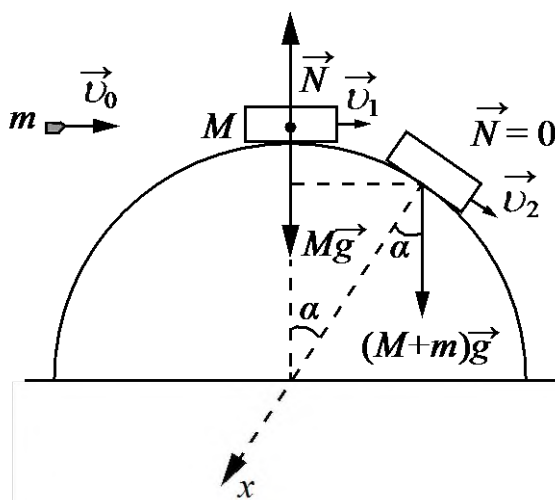
### 3.4. Примеры оценивания ответов на задания 30

#### 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



1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела можно считать материальными точками, так как их размеры пренебрежимо малы в условиях задачи.
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.
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).
4. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры  $\vec{N}$ .
5. Второй закон Ньютона выполняется в ИСО для модели материальной точки.

##### Решение

1. Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:

$$mv_0 = (m + M)v_1.$$

Закон сохранения механической энергии связывает скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} + (m + M)gR = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)gR \cos \alpha,$$

где  $v_2$  – скорость составного тела в момент отрыва;  $h = R \cos \alpha$  – высота точки отрыва (см. рисунок).

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:

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

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:  $h = 0,8 \text{ м}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<b>Критерий 1</b>	
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
<b>Критерий 2</b>	
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) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены	2

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)	
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.  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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	4

Работа 1.1 (К1 – 0, К2 – 3)

30) Дано:

$$M = 0,99 \text{ кг}$$

$$R = 1 \text{ м}$$

$$m = 0,01 \text{ кг}$$

$$v_0 = 200 \text{ м/с}$$

Решение:

1. ЗЦУ:  $mv_0 = (M+m)v$

$$v = \frac{mv_0}{M+m} = \frac{0,01 \cdot 200}{0,99 + 0,01} = 2 \text{ м/с}$$

2. ЗЦЭ:  $(M+m)gR + \frac{(M+m)v^2}{2} = (M+m)gh + \frac{(M+m)u^2}{2}$

$$gR + \frac{v^2}{2} = gh + \frac{u^2}{2}$$

2. При отрыве от поверхности полушара

$N = 0$  (сила реакции опоры равна нулю)

$$m\vec{a}_{yc} = m\vec{g} \quad (M+m)\vec{a}_{yc} = (M+m)\vec{g}$$

Ох:  $m\cancel{a}_{yc} = m\cancel{g} \sin \alpha \quad (M+m)\cancel{a}_{yc} = (M+m)\cancel{g} \sin \alpha \quad /: (M+m)$

$$a_{yc} = g \sin \alpha; \quad \frac{v^2}{R} = g \sin \alpha; \quad \sin \alpha = \frac{h}{R}$$

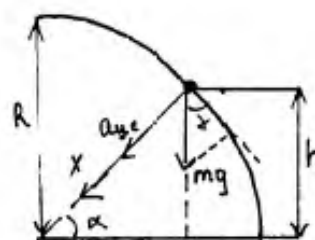
$$\frac{v^2}{R} = \frac{gh}{R} \quad u^2 = gh$$

3.  $gR + \frac{v^2}{2} = gh + \frac{gh}{2} \quad gR + \frac{v^2}{2} = \frac{3gh}{2} \quad / \cdot 2$

$$2gR + v^2 = 3gh \quad h = \frac{2gR + v^2}{3g}$$

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

Ответ: 0,8 м



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

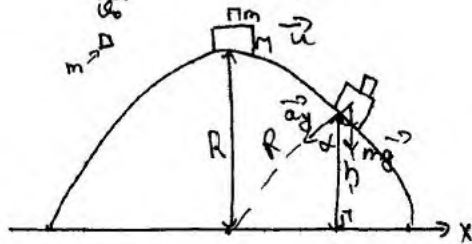


Задача 30

<p>Дано:</p> <p><math>M = 0,99 \text{ кг}</math></p> <p><math>R = 1 \text{ м}</math></p> <p><math>m = 0,01 \text{ кг}</math></p> <p><math>\varphi_0 = 200 \text{ ч/с}</math></p> <hr/> <p><math>h = ?</math></p>	<p>Решение:</p> <p>Основание:</p> <p>Так как тело движется по окружности, можем применить законы того движения. 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 гладкая, нет силы 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><math>\vec{F} = m\vec{a}</math> - II закон Ньютона</p> <p><math>a_y = \frac{v^2}{R}</math> - 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 + шар"



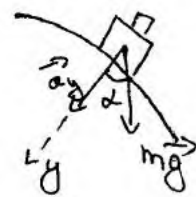
Отсюда:  $m v_0 = u(m+M)$ ,  $u = \frac{m v_0}{m+M}$ ,  $u = \frac{0,01 \cdot 200}{0,99+0,01} = 2 \text{ (м/с)}$

Отрыв произойдет тогда, когда сила реакции опоры будет равна 0 кН

Запишем II закон Ньютона для точки отрыва:

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

Отсюда:  $(m+M) g \cdot \cos \alpha = (m+M) a_y$ , где  $\alpha$  - 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

$\frac{m u^2}{2}$  - 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

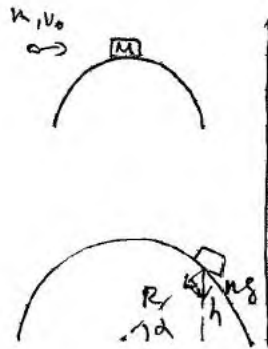
$$M = 0,99 \text{ кг}$$

$$R = 1 \text{ м}$$

$$m = 0,01 \text{ кг}$$

$$v_0 = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = ?$$



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

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

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

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

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

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

Для отрыва от сферы соответствует условие:

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

значит, тело оторвется в момент

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

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

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

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)

№ 90-

Дано:

$M = 0,99 \text{ м}$

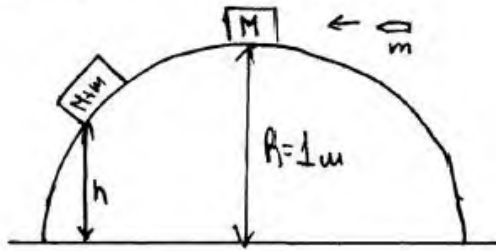
$R = 0,1 \text{ м}$

$m = 0,01 \text{ кг}$

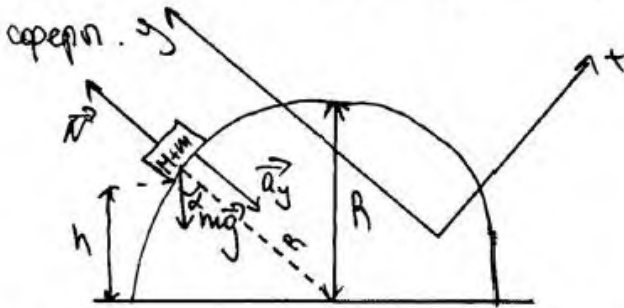
$v_0 = 200 \text{ м/с}$

$h = ?$

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:  $\vec{N} \leq a_y$ .

2) Распишем проекции сил, действующих на груз, на  $Oy$ :  
(по II закону Ньютона)

$m_1 a_y = N \cdot (2)$

3) По  $Oy$ :  ~~$N \cos \alpha$~~   $N = m_1 g \cdot \cos \alpha \quad (1)$

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

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

4) Распишем закон сохранения импульса по направлению пути и груза и поставе:

$M v_1 + m v_0 = (M+m) v \Rightarrow$

$\Rightarrow 0,99 \cdot v_1 + 0,01 \cdot 200 = (0,99 + 0,01) v$  ; т.к. груз скользит по наклонной, то  $v_1 = 0$

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

$$v = 2 \text{ м/с.}$$

б) Распишем условие отрыва тела от поверхности:

$$N \leq a_y$$

$$mg \cos \alpha \leq m a_y$$

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

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

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

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

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 по окружности.

Ванную систему можно считать инерциальной, поэтому можно применить Второй закон Ньютона. Тела, находящиеся в данной системе, а именно груз и шар, можно принять за материальные точки. Т.к. поверхность полусферы гладкая, то силой трения скольжения можно пренебречь. Т.к. в момент соударения груз и шара 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 полусферы, 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 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

$u_0 = 200 \text{ М/С}$

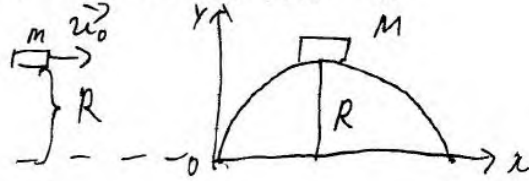
$h$  – ВЫСОТА

ПЛОЩАДИ ОТ

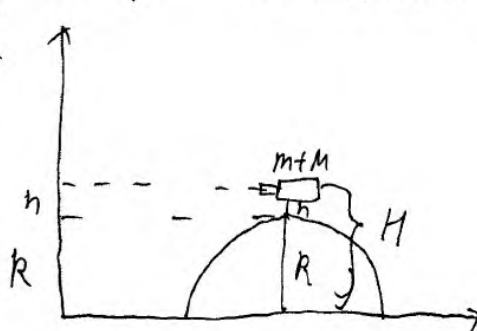
УРОВНЯ СФЕРЫ

1) РИСУНОК

ПО ПАДАЮЩЕЙ



ПОСЛЕ ПОПАДАЮЩЕЙ



ТАК КАК

СМЕЩЕНИЕМ

ТЕЛА ЗА ВРЕМЯ

УДАРА МОЖНО

ПРЕБРЕЧЬ, ТО

ПРИМЕМ  $H$  – ВЫСОТА

ПЛОЩАДИ ТЕЛА С ПУЛЕЙ ОТ УРОВНЯ ЗЕМЛИ

$$H = R + h$$

2) ПОСКОЛЬКУ ТЕЛО НЕБОЛЬШОЕ А РАЗМЕРЫ

ПУЛИ МАЛЫ ПРИМЕМ ИХ ЗА МАТЕРИАЛЬНЫЕ

ТОЧКИ;

3) ПУСТЬ ЗЕМЛЯ И ИЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА

ВТСЧЁТА, ТОГДА ПОСКОЛЬКУ ТРЕНИЯ МЕЖДУ

ТЕЛОМ И СФЕРОЙ НЕТ И МОЖНО ПРЕБРЕЧЬ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

ВОЗДУХА, ТО ГДА СПРАВЕЛИВ ЗАКОН СОХРА-

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

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

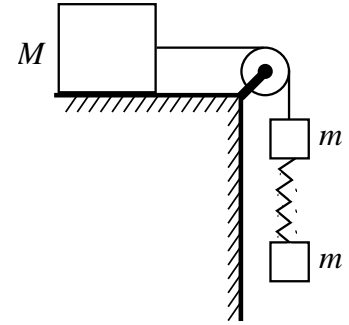
$$\Leftrightarrow 0,01 \text{ КГ} \cdot 10 \text{ М/С}^2 \cdot 1 \text{ М} + \frac{0,01 \text{ КГ} \cdot (200 \text{ М/С})^2}{2} + 0,99 \text{ КГ} \cdot 10 \text{ М/С}^2 \cdot 1 \text{ М} = 1 \text{ КГ} \cdot 10 \text{ М/С}^2 (1 \text{ М} + h) \Leftrightarrow$$

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

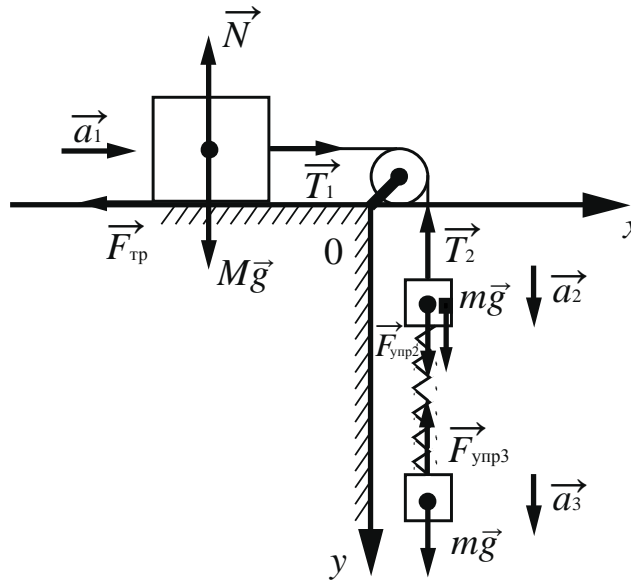
В обосновании неверно приведены условия применимости закона сохранения импульса и закона сохранения энергии, соответственно, по критерию 1 – 0 баллов. В решении законы, необходимые для решения задачи, записаны неверно. По критерию 2 – 0 баллов. Работа оценивается 0 баллов.

## 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: <math>a = \frac{2mg - F_{\text{тр}}}{M + 2m}</math>.</p> <p>2. Сила трения <math>F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg</math>.</p> <p>3. Из последнего уравнения в п. 1 получим <math>F_{\text{упр}} = m(g - a) = \frac{mMg(1 + \mu)}{M + 2m}</math>.</p> <p>По закону Гука <math>F_{\text{упр}} = k\Delta l = k(L - l)</math>, 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: <math>L = 0,13 \text{ м}</math></p>		
<b>Критерии оценивания выполнения задания</b>		<b>Баллы</b>
<b>Критерий 1</b>		
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
<b>Критерий 2</b>		
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 <b>одному</b> 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

Работа 2.1 (K1 - 1, K2 - 3)

№30.

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

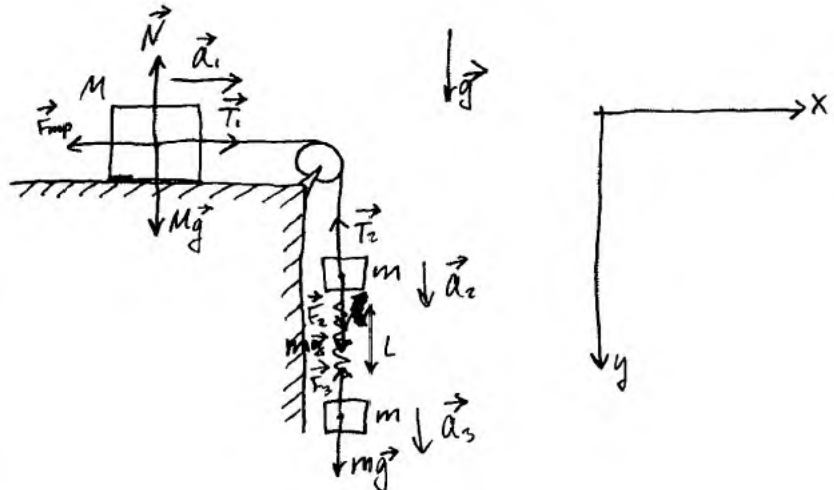
$$m = 400 \text{ кг} = 0,4 \text{ кг}$$

$$k = 80 \text{ Н/м}$$

$$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\mu = 0,2$$

$$L - ?$$



Обоснование.

1) Задачу решаем в СО земли, она - ИСО.

2) Грузы движутся поступательно  $\Rightarrow$  их можно считать материальными точками.

3) Из (1) и (2) применим 2-й закон Ньютона

и) Груз массой  $M$  движется  $\Rightarrow$  на него действует сила трения скольжения  $\Rightarrow$  применим 3-й закон Ньютона Кулона

5) т.к. шнур нерастяжим, а пружина не меняет длины,  $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3|$

6) т.к. блок  $\forall$  невесомый, гладкий, шнур невесомый,  $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2|$

7) т.к. пружина лёгкая,  $|\vec{F}_3| = |\vec{F}_2|$ . ( $\vec{F}_3$  и  $\vec{F}_2$  силы на  $\forall$  грузы со стороны пружины)

8) применим 2-й закон т.к. невесомый применимы условия.

Решение

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

1) 2 ЗИ для груза массой  $M$ : по  $Oy$ :  $Mg - N = 0 \Rightarrow N = Mg$   
по  $Ox$ :  $T - F_{\text{уп}} = Ma$

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

$T - \mu Mg = Ma$

2) 2 ЗИ для верхней груза массой  $m$  по  $Oy$ :  ~~$F_{\text{уп}} - T = ma$~~   $F_{\text{уп}} - T = ma$   <sup>$mg +$</sup>

3) 2 ЗИ для нижнего груза массой  $m$  по  $Oy$ :  $mg - F_{\text{уп}} = ma$

4) 
$$\begin{cases} T - \mu Mg = Ma & (1) \\ mg + F_{\text{уп}} - T = ma & (2) \\ mg - F_{\text{уп}} = ma & (3) \end{cases}$$

Вычтем из (1), (2) и (3):

~~$T - \mu Mg + mg + F_{\text{уп}}$~~

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

тогда получим  $2F_{\text{уп}} - T = 0 \Rightarrow T = 2F_{\text{уп}}$

Подставим в (1):  $2F_{\text{уп}} - \mu Mg = Ma$  (4)

Умножим (4) на  $m$ , а (3)  <sup>$mg - F_{\text{уп}} = ma$</sup>  на  $M$ .

$$\begin{cases} 2m F_{\text{уп}} - \mu Mg m = Ma m \\ M mg - F_{\text{уп}} M = Ma m \end{cases}$$

$\Rightarrow 2m F_{\text{уп}} - \mu Mg m = M mg - F_{\text{уп}} M$

$F_{\text{уп}} (2m + M) = M mg (1 + \mu)$

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

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

5) 3-и Зук:  $F_{\text{уп}} = k \Delta x$ , где  $\Delta x$  - удлинение пружины,  $\Delta x = l - l_0$

$l = l_0 + \Delta x = l_0 + \frac{F_{\text{уп}}}{k} = 0,1 + \frac{2,4}{80} = 0,13 \text{ (м)}$

$0,13 \text{ м} = 13 \text{ см}$

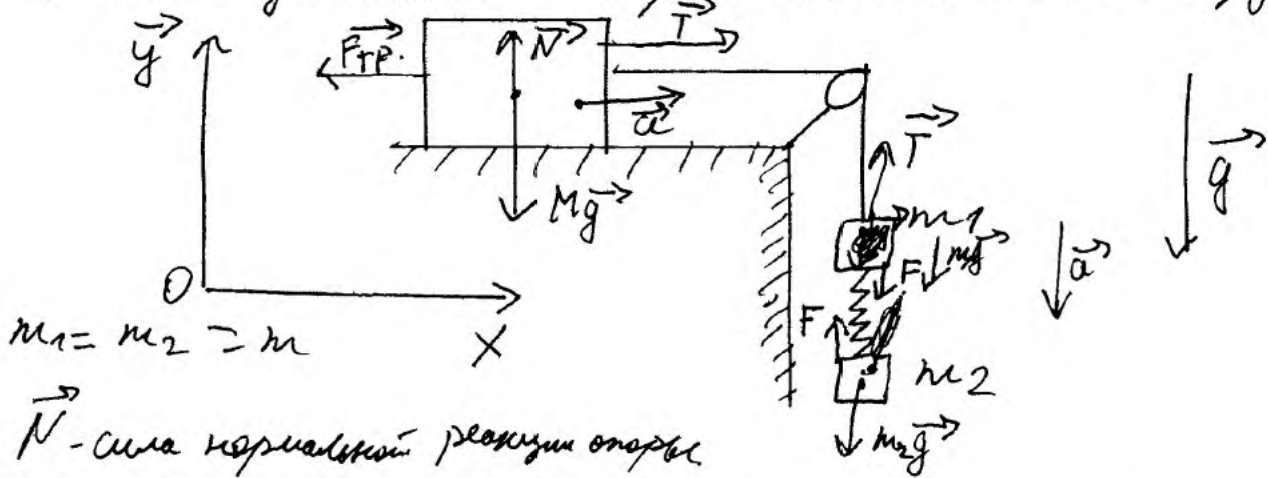
Ответ: 13 см.

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 Землёй, с направлениями осей  $x$  и  $y$ .

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



$m_1 = m_2 = m$

$\vec{N}$  - 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 растяжения 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.

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

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

7. Перепишем уравнение (1) с учётом

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

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

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

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:

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

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

10. Подставим числовые значения, переведённые в систему СИ:  $M = 800 \text{ г} = 0,8 \text{ кг}$ ;

$m = 400 \text{ г} = 0,4 \text{ кг}$ ;  $l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ ;  $k = 80 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

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

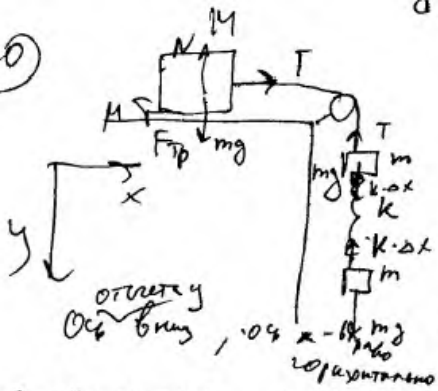
$$= 0,13 \text{ м}$$

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)



T - сила натяжения нити,  
 $\Delta x$  - растяжение пружины при движении

II закон Кеплера для нижней груза (т.к. нить нерастянима и ось вращения на оси):  
 $m \cdot a = mg - k \cdot \Delta x$ ,

a - ускорение груза.

Для среднего груза (аналогично II закону Кеплера, т.к. нить нерастянима и ось вращения на оси):

Сила нить растягивает и пружина сжимает (сохраняет свою длину):

$$m a = k \Delta x + mg - T$$

Для верхнего груза в проекции на ось OY:  $Mg = N$ , где OY - ось вертикали (т.к. блок не ускоряется а)

~~mg~~  
~~Ма = T - ~~mu~~ Mg~~  
 По условию:

$$\begin{cases} m a = mg - k \Delta x \\ m a = k \Delta x + mg - T \\ M a = T - \mu M g \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m a = mg - k \Delta x \\ m a + M a = k \Delta x + mg - \mu M g \end{cases} \Rightarrow$$

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

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

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

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

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.

Работа 2.4 (K1 – 0, K2 – 1)

30

Дано:

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

Решение:

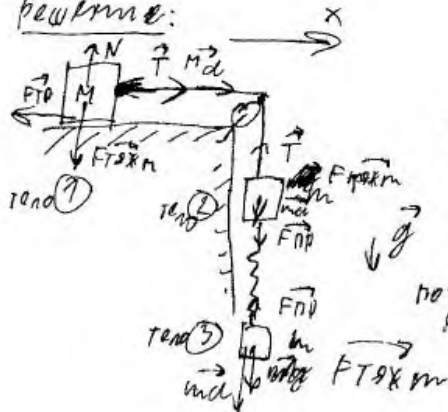
L-1

Обоснование.

- 1) БУДЕМ СЧИТАТЬ  $C_0$ , СВЯЗАННУЮ СО СТОЛОМ (И СООТВ. ЗЕМЛЁЙ) ИМЕРСИОНАЛЬНОЙ.
- 2) ВСЕ ГРУЗЫ В ЗАДАЧЕ МОЖНО СЧИТАТЬ ПУНКТ. ПОЧКАМИ, Т.К. ИХ РАЗМЕРАМИ МОЖНО ПРЕИГНОРИРОВАТЬ.
- 3) Т.К. НИТИ ЛЁГКИЕ И НЕРАСТЯЖИМЫЕ, ПРУЖИНА НЕВЕСОМЫЙ ЛЁТКАЯ, А БЛОК НЕВЕСОМЫЙ И ГЛАДКИЙ, ТО НАТЯЖЕНИЕ ЛЮБОЙ ТОЧКИ НИТИ ОДИНАКОВО, ЛЮБОЙ ТОЧКИ ПРУЖИНЫ ОДИНАКОВО, УСКОРЕНИЕ ЛЮБОЙ ТОЧКИ НИТИ РАВНО по модулю, как и любой точки пружины, считая её длиной постоянно по условию.

БЛАГОДАРЯ ВЫШЕУКАЗАННОМУ ОСТАЕТСЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ СПРАВЕДЛИВЫ 3-ИХ ЗАКОНА, ЗАДАЧА СОХРАНЕНИЯ И СПРАВЕДЛИВЫ ИМПУЛЬСА МОЖНО УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ.

решение:



1) ВВОДЕМ ОСИ X И Y КАК ПОКАЗАНО НА РИСУНКЕ.

ТОГДА :-

0y:

$$F_{TP} = Mg$$

$$F_{ТХМ} = mg$$

$$F_{ТХМ} = Mg$$

по закону Гука для пружины:

$$F_{ПР} = k(l-l_0) = k \Delta l$$

$$F_{ТХМ} - F_{ПР} = ma$$

$$Mg - k(l-l) = ma$$

$$-Mg - k(l-l) + T = ma$$

$$N = F_{ТХМ} \Rightarrow N = Mg$$

$$T - F_{TP} = Ma$$

отв:  $a = \frac{k \Delta l}{m}$

$$Mg - k(l-l) = ma = -Mg - k(l-l) + T$$

$$T = 2Mg$$

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.



W30.

Дано:

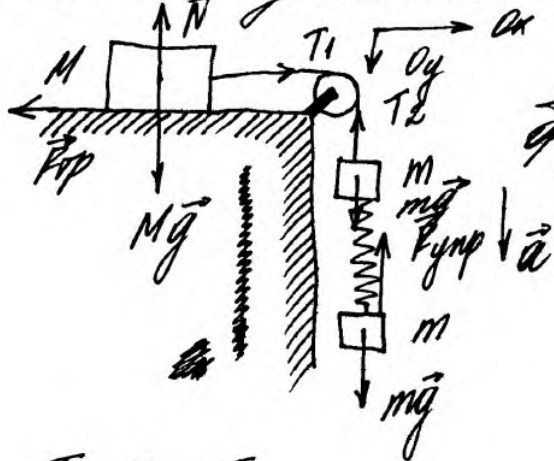
$M = 0,8 \text{ кг},$   
 $m = 0,4 \text{ кг},$   
 $k = 80 \text{ Н/м},$   
 $l = 0,1 \text{ м},$   
 $\mu = 0,2,$   
 $l + a = ?$

**Обоснование.**

Рассмотрим систему тел, связанную с Землей. Третья система отсчета — это система инерциальных Третья система отсчета — материальными точками, принятыми (предположим следом).

W30 (продолжение)

рассмотрим брусок. Брусок связан несжимаемым и нерастяжимым нитями, след сил натяжения нити со стороны каждого из брусков одинаковы  $|T_1| = |T_2| = |T_3|$ . Брусок движется равномерно.



Возьмем углы двух брусков на оси 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)

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

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

$$= 2,4 \text{ м/с}^2 \quad \mu mg = ma, \quad a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 0,2 \cdot 10 =$$

Через наименьшую силу упругости пружины

$$F_{\text{упр}} = 2ma + mg$$

$$F_{\text{упр}} = 2,1m(a + g), \quad F_{\text{упр}} = 0,8(2 + 10) = 0,8 \cdot 12 = \overset{9,6 \text{ Н}}{\text{---}}$$

Наименьшее удлинение пружины  $d$  при движении брусков:

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

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

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.

### 3.5. Примеры оценивания целых работ

#### Вариант

#### Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

24

Воспользовавшись оборудованием, представленным на рис. 1, учитель собрал модель плоского конденсатора (рис. 2), зарядил нижнюю пластину положительным зарядом, а корпус электрометра заземлил. Соединённая с корпусом электрометра верхняя пластина конденсатора приобрела отрицательный заряд, равный по модулю заряду нижней пластины. После этого учитель уменьшил расстояние между пластинами (рис. 3). Как изменились при этом показания электрометра (увеличились, уменьшились, остались прежними)? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Показания электрометра в данном опыте прямо пропорциональны разности потенциалов между пластинами конденсатора.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

#### Возможное решение

1. Стрелка и стержень электрометра, соединённые с нижней пластиной, но изолированные от корпуса, заряжаются положительно, и стрелка отклоняется на некоторый угол.

Благодаря заземлению в верхней пластине и металлическом корпусе электрометра происходит перераспределение свободных электронов таким образом, что верхняя пластина заряжается отрицательно. Заряды перераспределяются до тех пор, пока корпус электрометра и верхняя

пластина не станут эквипотенциальной поверхностью с одним потенциалом, а стрелка и нижняя пластина – эквипотенциальной поверхностью с другим потенциалом.

2. Заряды пластин одинаковы по модулю и противоположны по знаку, пластины образуют конденсатор с ёмкостью  $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ , где  $S$  – площадь перекрытия пластин,  $d$  – расстояние между ними,  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость диэлектрика между пластинами.

Характер изменения угла отклонения стрелки совпадает с изменением разности потенциалов между пластинами: при увеличении разности потенциалов увеличивается угол отклонения, при уменьшении разности потенциалов угол уменьшается.

3. При уменьшении расстояния  $d$  между пластинами ёмкость конденсатора увеличивается, заряд конденсатора практически не меняется, так как его ёмкость много больше ёмкости системы «корпус + стрелка электрометра»,

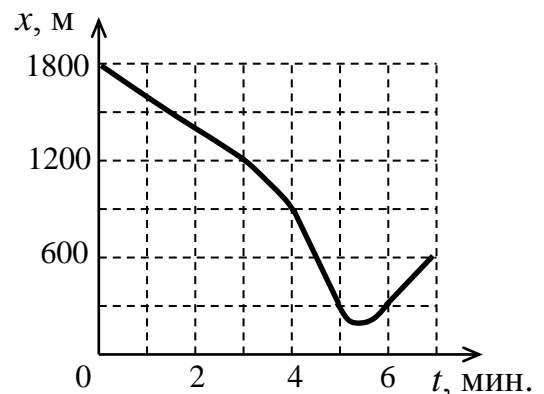
а нижняя пластина вместе со стержнем и стрелкой электрометра образуют изолированную систему заряженных тел. Поэтому разность потенциалов  $\Delta\phi = \frac{q}{C}$  уменьшается, и угол отклонения стрелки электрометра уменьшается

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>показания электрометра уменьшились</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>формулы электроёмкости плоского конденсатора, разности потенциалов между обкладками конденсатора, сохранение заряда конденсатора</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 использованы 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>	1

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>	<i>3</i>

25

Автомобиль массой 1700 кг двигался по дороге. Его положение на дороге изменялось согласно графику зависимости координаты от времени (см. рисунок). Определите максимальную кинетическую энергию, которой автомобиль достиг при своём движении.



#### Возможное решение

Скорость тела определяется изменением его координаты с течением времени. Анализируя график зависимости координаты автомобиля от времени  $x(t)$ , видим, что в промежутке от 4 до 5 мин. его координата изменяется линейно и быстрее всего. Следовательно, в этот промежуток времени автомобиль движется равномерно с максимальной скоростью. Определим модуль максимальной скорости автомобиля:

$$v_{\max} = \frac{|x(5) - x(4)|}{\Delta t} = \frac{|300 - 900|}{60} = 10 \text{ м/с.}$$

Таким образом, максимальная кинетическая энергия автомобиля равна

$$E_{\text{Кmax}} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{1700 \cdot 10^2}{2} = 85 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 85 \text{ кДж.}$$

Ответ:  $E_{\text{Кmax}} = 85 \text{ кДж}$

#### 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 кинетической энергии, определение скорости по графику</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;</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</p>	2
---	---

величины	
<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 (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

26

Электрическая лампа мощностью 60 Вт испускает каждую секунду  $1 \cdot 10^{19}$  фотонов. Коэффициент полезного действия лампы равен 6%. Определите среднюю длину волны излучения.

<b>Возможное решение</b>	
<p>1. Энергия одного фотона согласно формуле Планка равна</p> $E_0 = \frac{hc}{\lambda}, \quad (1)$ <p>где <math>\lambda</math> – длина световой волны, <math>c</math> – скорость света в вакууме, <math>h</math> – постоянная Планка.</p> <p>2. Коэффициент полезного действия лампы связан с мощностью излучения, энергией фотона и их количеством соотношением</p> $\eta = \frac{NE_0}{P\Delta t}, \quad (2)$ <p>где <math>\Delta t</math> – промежуток времени, <math>N</math> – количество испускаемых за это время фотонов.</p> <p>3. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для средней длины излучения:</p> $\lambda = \frac{Nhc}{\eta P\Delta t} = \frac{1 \cdot 10^{19} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,06 \cdot 60 \cdot 1} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 550 \text{ нм.}$ <p>Ответ: <math>\lambda = 550 \text{ нм}</math></p>	
<b>Критерии оценивания выполнения задания</b>	<b>Баллы</b>
<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 энергии фотона, выражение для КПД лампы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;</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</p>	2

величины	
<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 (в том числе в записи измерения величины)</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

27

Закрытый сверху вертикальный цилиндрический сосуд, заполненный воздухом, разделён тяжёлым поршнем, способным скользить без трения, на две части. В начальном равновесном состоянии в верхней и нижней частях сосуда находилось по  $\nu = 1$  моль воздуха, а отношение объёмов верхней и нижней частей сосуда было равно 2. После того, как из нижней части сосуда удалили некоторое количество воздуха  $\Delta\nu$ , через длительный промежуток времени установилось новое состояние равновесия с отношением объёмов верхней и нижней частей сосуда, равным 3. Температура воздуха  $T$  в обеих частях сосуда всё время поддерживалась одинаковой и постоянной. Определите, какое количество воздуха было удалено из сосуда.

**Возможное решение**

1. Запишем уравнение Клапейрона – Менделеева для газа в верхней и нижней частях сосуда в начальном равновесном состоянии:

$$p_1 V_1 = \nu RT, \quad p_2 V_2 = \nu RT,$$

где  $p_1, p_2$  – давление воздуха в верхней и нижней частях сосуда,  $V_1, V_2$  – объёмы верхней и нижней частей сосуда.

2. Запишем уравнение Клапейрона – Менделеева для газа в верхней и нижней частях сосуда после откачки воздуха:

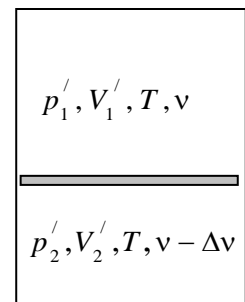
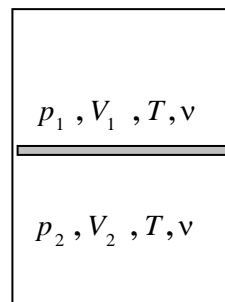
$$p_1' V_1' = \nu RT, \quad p_2' V_2' = (\nu - \Delta\nu) RT,$$

где  $p_1', p_2'$  – давление воздуха в верхней и нижней частях сосуда,

$V_1', V_2'$  – объёмы верхней и нижней частей сосуда.

3. Условие механического равновесия поршня в начальном состоянии:  $p_2 - p_1 = \frac{Mg}{S}$ , а

после откачки воздуха:  $p_2' - p_1' = \frac{Mg}{S}$ , где  $M$  – масса поршня,  $S$  – площадь его



горизонтального сечения.

4. Из условия задачи:  $V = V_1 + V_2 = V_1' + V_2'$ ,

$$\frac{V_1}{V_2} = 2; \quad \frac{V_1'}{V_2'} = 3 \Rightarrow V_2 = \frac{V}{3}, \quad V_1 = \frac{2V}{3}, \quad V_2' = \frac{V}{4}, \quad V_1' = \frac{3V}{4},$$

где  $V$  – объём всего сосуда.

5. После объединения записанных выше выражений получим уравнение:

$$\frac{3\nu RT}{V} - \frac{3\nu RT}{2V} = \frac{4(\nu - \Delta\nu)RT}{V} - \frac{4\nu RT}{3V},$$

откуда получим:  $\Delta\nu = \frac{7\nu}{24} = \frac{7 \cdot 1}{24} \approx 0,29$  моль.

Ответ:  $\Delta\nu \approx 0,29$  моль

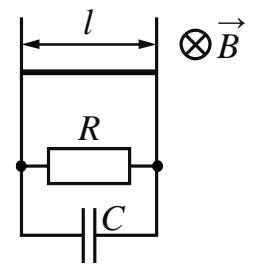
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                      I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона – Менделеева, условия равновесия поршня</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 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 измерения величины)</p>	2
<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>	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
<i>Максимальный балл</i>	3

28

Горизонтальный проводник длиной  $l = 10$  см и массой  $m = 25$  г равномерно скользит вниз (без трения и без потери контакта) по двум вертикальным шинам в однородном горизонтальном магнитном поле, перпендикулярном проводнику, с индукцией  $B = 0,5$  Тл. Внизу шины замкнуты резистором. Параллельно резистору подключён конденсатор ёмкостью  $C = 20$  мкФ (см. рисунок). Определите сопротивление резистора, если заряд конденсатора  $q = 1$  мкКл. Сопротивлением проводника и шин пренебречь.

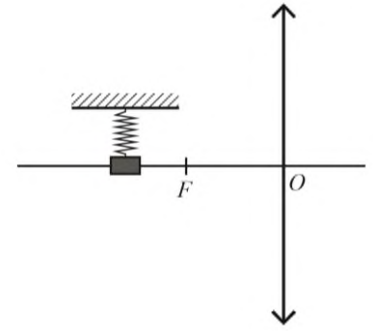


<b>Возможное решение</b>	
<p>1. Напряжение <math>U</math> на конденсаторе равно ЭДС индукции <math>\mathcal{E}</math> в проводнике, которая пропорциональна скорости движения проводника. Заряд конденсатора <math>q = CU</math>.</p> <p>2. При движении проводника на него действуют две силы (силой трения пренебрегаем): сила тяжести <math>mg</math> и сила Ампера <math>F_A = IBl</math> (<math>I</math> – сила тока в цепи), которая направлена против движения проводника (см. рисунок). Проводник движется равномерно. Согласно второму закону Ньютона при этом сила тяжести и сила Ампера компенсируют друг друга:  <math>mg = IBl</math>.</p> <p>3. Напряжение на резисторе равно напряжению на конденсаторе, так как они соединены параллельно. Согласно закону Ома для участка цепи сила тока через резистор  <math>I = \frac{U}{R} = \frac{q}{CR}</math>.</p> <p>4. Подставляя выражение для силы тока в п. 2, получаем выражение для искомого сопротивления проводника:  <math>R = \frac{qBl}{Cmg} = \frac{10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 0,1}{20 \cdot 10^{-6} \cdot 0,025 \cdot 10} = 0,01 \text{ Ом.}</math></p> <p>Ответ: <math>R = 0,01 \text{ Ом}</math></p>	
<b>Критерии оценивания выполнения задания</b>	<b>Баллы</b>
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:	3

<p>связь заряда конденсатора с напряжением между его обкладками, выражение для силы Ампера, закон Ома для участка цепи и 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) 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>	
<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 <b>одному</b> 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>Максимальный балл</p>	3

29

Груз на пружине совершает гармонические колебания перпендикулярно главной оптической оси собирающей линзы с оптической силой 5 дптр (см. рисунок). С помощью этой линзы получено чёткое изображение груза на экране, находящемся на расстоянии 0,5 м от линзы. Амплитуда колебаний изображения равна 0,1 м, максимальная скорость изображения равна 1 м/с. Определите максимальное ускорение груза, считая размеры груза пренебрежимо малыми по сравнению с фокусным расстоянием линзы.



### Возможное решение

1. Циклическая частота колебаний груза и циклическая частота колебаний его изображения одинаковы и равны  $\omega$ .

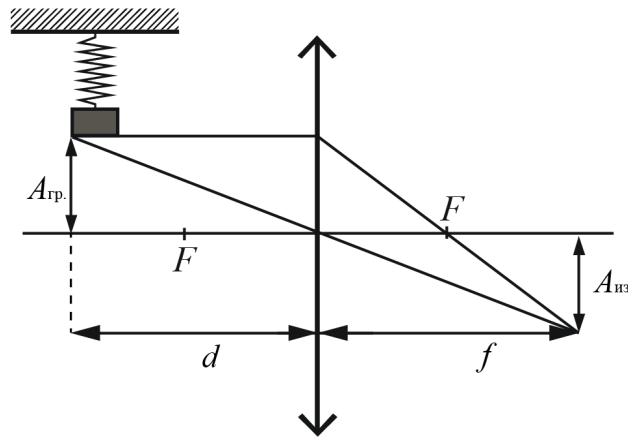
2. Максимальные скорости и максимальные ускорения груза и его изображения связаны с амплитудами их колебаний следующим образом:

$$v_{\text{гр. макс}} = \omega A_{\text{гр}}, \quad v_{\text{из. макс}} = \omega A_{\text{из}}.$$

$$a_{\text{гр. макс}} = \omega^2 A_{\text{гр}} = \frac{v_{\text{гр. макс}}^2}{A_{\text{гр}}}, \quad a_{\text{из. макс}} = \omega^2 A_{\text{из}} = \frac{v_{\text{из. макс}}^2}{A_{\text{из}}}.$$

3.  $v_{\text{гр. макс}} = \frac{A_{\text{гр}}}{A_{\text{из}}} \cdot v_{\text{из. макс}} = \frac{v_{\text{из. макс}}}{\Gamma}$ , где  $\Gamma$  – линейное увеличение линзы:  $\Gamma = \frac{A_{\text{из}}}{A_{\text{гр}}} = \frac{f}{d}$ ,

где  $f$  – расстояние от изображения до линзы,  $d$  – расстояние от груза до линзы.



4. С учётом п. 2 и 3 имеем:

$$a_{\text{гр. макс}} = \frac{v_{\text{из. макс}}^2}{A_{\text{гр}}} \cdot \frac{1}{\Gamma^2} = \frac{v_{\text{из. макс}}^2}{A_{\text{из}}} \cdot \frac{1}{\Gamma}.$$

5. Найдём увеличение, используя формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = D, \text{ откуда } d = \frac{f}{fD - 1}, \text{ а } \Gamma = fD - 1.$$

<p>6. Окончательно имеем: <math>a_{\text{гр. макс}} = \frac{v_{\text{из. макс}}^2}{A_{\text{из}} \cdot (fD - 1)} = \frac{1^2}{0,1 \cdot (5 \cdot 0,5 - 1)} \approx 6,7 \text{ м/с}^2</math>.</p> <p>Ответ: <math>a_{\text{гр. макс}} \approx 6,7 \text{ м/с}^2</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула тонкой линзы; формулы увеличения линзы, взаимосвязи максимальной скорости и ускорения гармонических колебаний, равенство циклических частот колебаний груза и его изображения</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) 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> <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 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</p>	1

решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
	Максимальный балл 3

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

**Возможное решение**

**Обоснование**



1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела можно считать материальными точками, так как их размеры пренебрежимо малы в условиях задачи.
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.
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).
4. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры  $\vec{N}$ .
5. Второй закон Ньютона выполняется в ИСО для модели материальной точки.

**Решение**

1. Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:

$$mv_0 = (m + M)v_1.$$

Закон сохранения механической энергии связывает скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} + (m + M)gR = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)gR\cos\alpha,$$

где  $v_2$  – скорость составного тела в момент отрыва;  $h = R \cos \alpha$  – высота точки отрыва (см. рисунок).

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:

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

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:  $h = 0,8 \text{ м}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<b>Критерий 1</b>	
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
<b>Критерий 2</b>	
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.	2

<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 <b>одному</b> 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

25.  ~~$x(t)$~~   $x'(t) = v(t) = tg\alpha$ , т.е. производная координаты  ~~$x$~~  является скоростью и угол наклона графика. По условию необходимо найти максимальное значение  $E_k$ :  $E_{k_{\max}} = \frac{mv_{\max}^2}{2} \Rightarrow E_k \propto v^2$ . Значит чем больше  $|v|$ , тем больше  $E_k$

$|v| = |tg\alpha|$ , Рассмотрим  $tg\alpha$  на всех участках пути:

$$\left. \begin{aligned} 0-3: |v| = |tg\alpha| &= \left| \frac{2}{3} \cdot \frac{600}{60} \right| = \frac{2}{3} \cdot 10 \frac{m}{c} \\ 3-4: |v| = |tg\alpha| &= |-1 \cdot 10| = 10 \frac{m}{c} \\ 3-5: |v| = |tg\alpha| &= |2 \cdot 10| = 20 \frac{m}{c} \end{aligned} \right\} \text{равномерное ускорение против оси } X$$

5-6: график параллельно, значит наблюдается ускорение по оси  $X$ ,  $\Rightarrow$

$|v|$  начинает уменьшаться, т.к.  $g$  этот акт. м. движется против оси  $x$ ;  $|v_{\max}^2| = v^2(6)$ , после начала движения по оси  $x$

то 6-7:  $|v| = |tg\alpha| = |-1 \cdot 10| = 10 \frac{m}{c}$

$$|v_{\max}| = 20 \frac{m}{c} \Rightarrow E_{k_{\max}} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{1700 \cdot 20^2}{2} = 340000 \text{ Дж} = 340 \text{ кДж}$$

Ответ: 340 кДж

26. Дано:

$P = 60 \text{ Вт}$

$N = 10^{19}$

$\Delta t = 1 \text{ с}$

$\eta = 0,06$

$\lambda = ?$

$$P_n = \frac{N h \nu}{t} = \frac{N h c}{t \lambda} \quad (1)$$

$$P_n - \eta = \frac{P_n}{\eta} \Rightarrow P_n = \eta P \quad (2)$$

$$\text{из (3) выразим } \lambda: \lambda = \frac{N h c}{t \cdot \eta \cdot P} = \frac{10^{19} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1 \cdot 0,06 \cdot 60} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$= 550 \text{ нм}$

Ответ: 550 нм



27 Система взаимодействует с Землей является инерциальной, но-  
 стати относительн ~~Второй~~ з. Ньютона:

$$\vec{F}_1 + m\vec{g} + \vec{F}_2 = 0, \text{ на ось } OY: F_1 - mg - F_2 = 0 \Rightarrow mg = F_1 - F_2 \quad (1)$$

индекс 1 - газ в нижней части  $F_1 = p_1 \cdot S \quad (2)$   $(2) \text{ и } (3)$  получим (1)

индекс 2 - газ в верхней части  $F_2 = p_2 \cdot S \quad (3)$   $mg = S(p_1 - p_2) \quad (8)$

Затем закон Менделеева-Клапейрона  $pV = \nu R T$

1)  $pV = \nu R T$ ; тогда  $p_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V_1} \quad (4)$ ,  $p_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V_2} \quad (5)$ , по условию  $\nu_1 = \nu_2, T_1 = T_2$

$$\left. \begin{array}{l} V_1 + V_2 = V_0 \\ V_2 = 2V_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_2 = \frac{2}{3} V_0 \quad (6) \\ V_1 = \frac{1}{3} V_0 \quad (7) \end{array} \right\} V_0 - \text{ весь объем} \quad \nu = 1 \text{ моль}$$

подставим (4), (5), (6), (7) в (8):  $mg = S \nu R T \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) = \frac{S \nu R T (V_2 - V_1)}{V_1 \cdot V_2}$   
 $= \frac{3 S \nu R T}{2 V_0} \quad (9)$

2)  $p' V' = \nu' R T'$ , тогда  $p_1' = \frac{\nu_1' R T_1'}{V_1'}$ ;  $p_2' = \frac{\nu_2' R T_2'}{V_2'}$ ;  $\nu_1 = \nu_2 = \nu$ ,  $\nu_1' = \nu - \Delta \nu$

$$\left. \begin{array}{l} V_1' + V_2' = V_0 \\ V_2' = 3V_1' \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} V_1' = \frac{V_0}{4} \\ V_2' = \frac{3}{4} V_0 \end{array} \right\} \text{ подставим эти значения в (8):}$$

$$mg = 4 S \nu R T \left( \frac{\nu_1'}{V_0} - \frac{\nu}{3V_0} \right) = \frac{4 S R T (2\nu - \Delta \nu)}{3 V_0} \quad (10)$$

$$(9) = (10): \frac{3 S \nu R T}{2 V_0} = \frac{4 S R T (2\nu - \Delta \nu)}{3 V_0} \Leftrightarrow \frac{3}{2} \nu = \frac{4}{3} \cdot 2\nu - \frac{4}{3} \Delta \nu$$

$$\Delta \nu = \frac{7}{6} \nu = \frac{7}{6} \cdot 1 = 0,875 \text{ моль}$$

Ответ: 0,875 моль

24.  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} (1)$ ,  $C = \frac{q}{\Delta \varphi} \Rightarrow \Delta \varphi = \frac{q}{C} \quad (2)$  в (2) подставим (1)

Становится:  $\Delta \varphi = \frac{q \cdot d}{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}$ ,  $\Delta q \sim d \sim$  показания электрометра

при увеличении расстояния между обкладками уменьшается разность потенциалов, а заряд и увеличиваются показания электрометра, т.е. стрелка начинает сильнее отклоняться от нулевой точки.

Ответ: показания электрометра увеличатся.

28. Дано:

$$L = 0,1 \text{ м} = 10^{-1} \text{ м}$$

$$m = 25 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$q_0 = 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$\lambda = 90^\circ$$

R - ?

Система шариков с Землей является инерциальной, тело движется равномерно, т.е.  $a = 0$ .

Второй закон Ньютона:  $\vec{F}_A + m\vec{g} = 0$ : по ось OY:  $F_A = mg$  (1)

$$F_A = I B L \sin \lambda, \sin 90 = 1, F_A = I B L \text{ (м)} \text{ (2)}$$

$$C = \frac{q_0}{U} = \frac{q_0}{I R} \Rightarrow I = \frac{q_0}{C R} \text{ (3)}$$

$$\text{з. Ом} \text{ по закону Ома: } I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I} \text{ (4)}$$

$$\text{из (2) и (3) в (1): } I B L = mg \Rightarrow I = \frac{mg}{B L} \text{ (5)}$$

$$\text{из (3) и (5) в (4): } R = \frac{q_0 \cdot B L}{C m g} = \frac{10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 10^{-1}}{20 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 10} = 0,01 \text{ Ом} = 10 \text{ мОм}$$

Ответ: 10 мОм

29.

$$D = 5 \text{ пФ}$$

$$F = 0,5 \text{ м}$$

$$q_0 = 1 \text{ нКл}$$

$$k = 0,1 \text{ м}$$

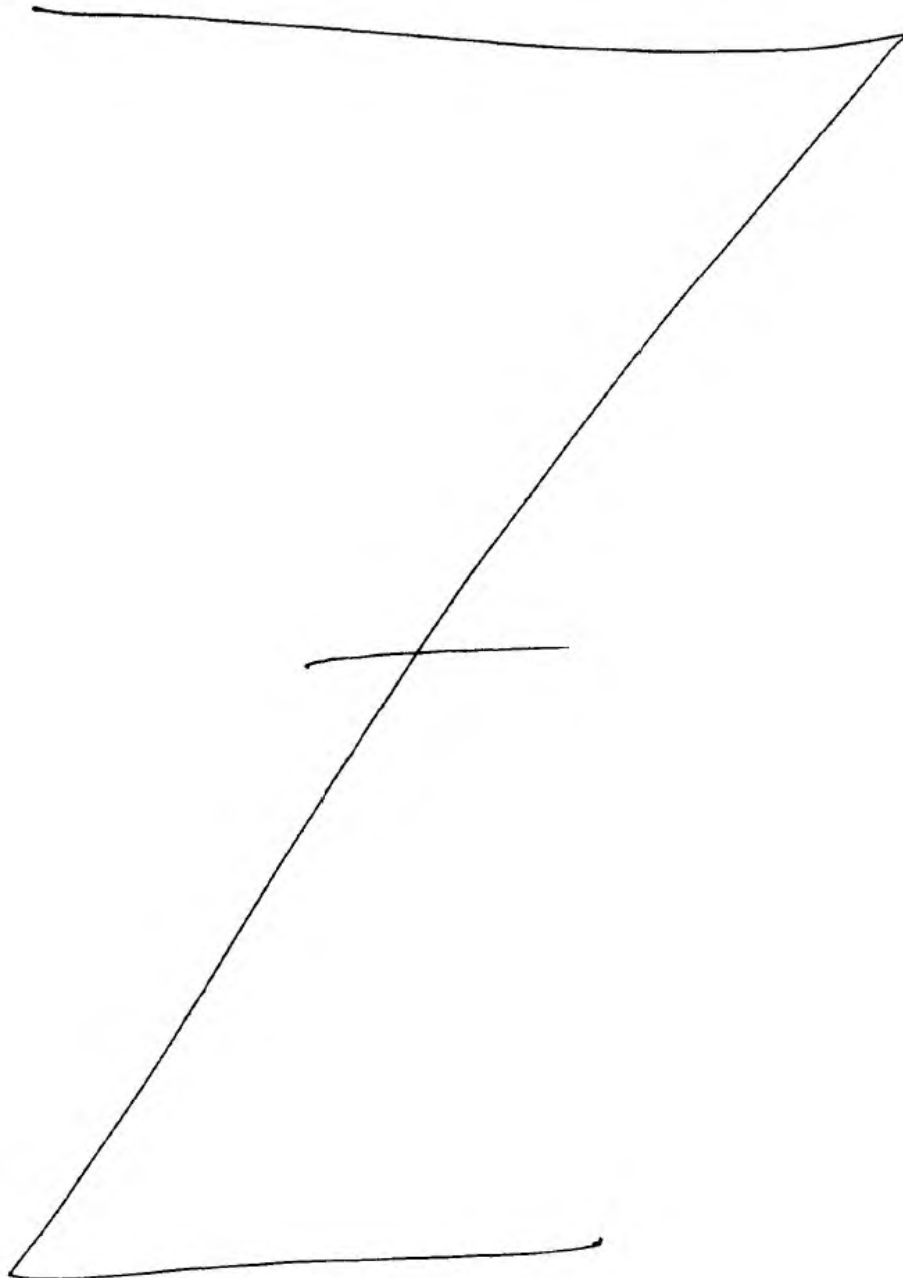
R - наименьшее расстояние между точками

$$D = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \Rightarrow 5 = 2 + \frac{1}{d} \Rightarrow d = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$\omega \cdot X_m' = v' \Rightarrow \omega = \frac{v'}{X'} = \frac{1}{0.1} = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad a' = v' \cdot \omega = 1 \cdot 10 = 10 \frac{\mu}{\text{s}^2}$$

$$\Gamma = \frac{F}{d} = \frac{X'}{X} = \frac{X' \cdot \omega^2}{X \cdot \omega^2} = \frac{a'}{a} \Rightarrow a = \frac{a' \cdot d}{f} = \frac{10 \cdot 2}{3} \approx 6,67 \frac{\mu}{\text{s}^2}$$

$$\text{Ответ: } \approx 6,67 \frac{\mu}{\text{s}^2}$$



### Оценивание

24	25	26	27	28	29	30	
1	1	2	2	3	3	X	X

24. Ответ: увеличится

Пояснение: значение электростатического поля вычисляется по формуле:  
 $q = CU$  (т.к. показания электростатического вольтметра пропорциональны разности потенциалов  $U$  между пластинами конденсатора и значением напряженности связаны с емкостью конденсатора  $C$ )

Емкость конденсатора до сдвигания пластин равна:  $C_1 = \frac{q}{U} = \frac{q}{Ed_1}$   
 Емкость после:  $C_2 = \frac{q}{Ed_2}$ . По условию  $d_1 > d_2 \Rightarrow C \uparrow \Rightarrow q \uparrow$

25.

Дано  
 $m = 1200 \text{ кг}$

Решение:

График зависимости координаты от времени можно разбить на 5 участков:

$E_{\text{кmax}} = ?$

1) с 0 до 3 мин тело прошло 1800-1200 м. График - прямая  $\Rightarrow v_{0-3} = \text{const}$   
 $v_{0-3}$  - скорость с 0 до 3 мин  $\Rightarrow v_{0-3} = \frac{s_{0-3}}{t_{0-3}} = \frac{600 \text{ м}}{180 \text{ с}} = \frac{10}{3} \text{ м/с} = 3 \frac{1}{3} \text{ м/с}$   
 По СИ: 3 мин = 3 \* 60 = 180 с

2) с 3 до 4 мин тело прошло 1200-900 м. График - прямая,  
 $v_{3-4}$  - скорость с 3 до 4 мин  $\Rightarrow v_{3-4} = \frac{s_{3-4}}{t_{3-4}} = \frac{300 \text{ м}}{60 \text{ с}} = 5 \text{ м/с}$   
 $t = 1 \cdot 60 = 60 \text{ с}$

3) с 4 до 5 мин тело прошло 900-300 м. График - прямая  $\Rightarrow v_{4-5} = \frac{s_{4-5}}{t_{4-5}}$   
 $t = 1 \cdot 60 = 60 \text{ с}$   $v_{4-5} = \frac{600 \text{ м}}{60} = 10 \text{ м/с}$   
 $v_{4-5}$  - скорость с 4 до 5 мин

4) с 5 до 6 мин график - парабола  $\Rightarrow s = v_0 t - \frac{at^2}{2} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  скорость на данном промежутке замедляется  $\Rightarrow$   
 $v_{4-5} > v_{5-6}$

5) с 6 до 7 мин график - прямая. Тело прошло 600-300 м  $\Rightarrow v_{6-7} = \frac{s_{6-7}}{t_{6-7}} = \frac{300}{60} = 5 \text{ м/с}$   
скорость на данном участке

$\boxed{v_{n-5} = v_{\max}} \Rightarrow$  на  $n-5$  направлении с  $n$  по  $5$  мкм была максимальная кинетическая энергия  $E_{k\max} = \frac{mv_{n-5}^2}{2} = \frac{1400 \cdot 10^2}{2} = 85000 \text{ Дж} = 85 \text{ кДж}$   
 Ответ  $E_{k\max} = 85 \text{ кДж}$

29. Дано | Решение:

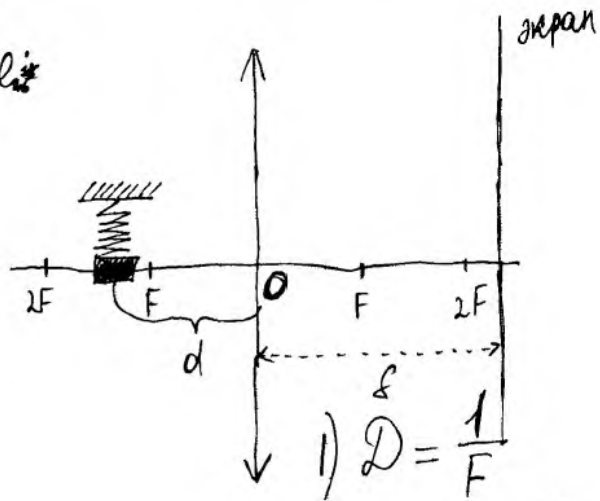
$D = 5 \text{ ДПМ}$

$f = 0,5 \text{ м}$

$A_{\text{из}} = 0,1 \text{ м}$

$v_{\max \text{ из}} = 1 \text{ м/с}$

Ответ  $a_{\max r} = ?$



1)  $D = \frac{1}{F}$   
 $F = \frac{1}{D} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ м}$

4)  $a_y = \frac{v_{\max} - v_0}{T}$

где  $v_0 = 0$

$a_{\text{из}} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ м/с}^2$

$T = \frac{d}{f} = \frac{1}{3} : \frac{1}{2} = \frac{1}{6} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{A_r}{A_{\text{из}}} = \frac{1}{6}; A_r = \frac{1}{6} \cdot 10 = \frac{1}{60} \text{ м}$

$v_{\max r} = \frac{A_r}{T} = \frac{1}{60} : \frac{1}{60} = \frac{10}{60} = \frac{1}{6} \text{ м/с}$

$a_{\max r} = \frac{v_{\max r} - v_0}{T} = \frac{1}{6} : \frac{1}{60} = \frac{10}{6} = \frac{5}{3} \text{ м/с}^2$

где  $v_0 = 0$   $v_{\text{одн}} = \frac{A_{\text{из}}}{T} = \frac{0,1}{1} = 0,1 \text{ с}$

2)  $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$

$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f} = 5 - \frac{1}{0,5} = 3$

$d = \frac{1}{3} \text{ м}$

3)  $T = \frac{S}{v}$

$S = \frac{1}{2} A$

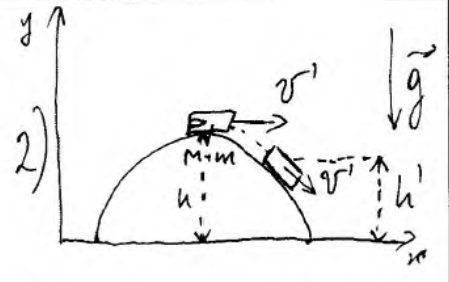
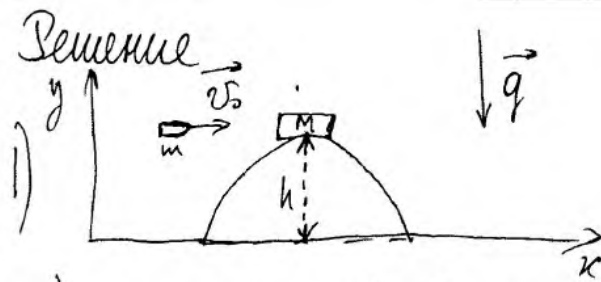
т.к за это время меняется скорость с  $v_{\max}$  до 0

$T$ -одн  $\Rightarrow \frac{A_r}{v_{\max r}} = \frac{A_{\text{из}}}{v_{\max \text{ из}}}$

Ответ  $a_{\max r} \approx 1,67 \text{ м/с}^2$

30. Дано  
 $M = 0,99 \text{ кг}$   
 $R = 1 \text{ м}$   
 $m = 0,01 \text{ кг}$   
 $v_0 = 200 \text{ м/с}$   
 $h' = ?$

Решение



1)  $h = R = 1 \text{ м}$   $h'$  - высота ~~разрыва~~ от центра от поверхности;  $v'$  - скорость ~~или~~ <sup>после взаимодействия</sup> ~~из~~ <sup>в</sup> теле, ~~и~~ <sup>и</sup> ~~пуля~~ <sup>пуля</sup>

2) Сфера гладкая  $\Rightarrow F_{\text{тр}} = 0$ , т.к.  $F_{\text{тр}} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$  можно применить закон сохранения энергии:

$$E_{\text{кин}} = E_{\text{к1}} + E_{\text{к2}} = E_{\text{к1}} + E_{\text{к2}} = \frac{m v_0^2}{2} + mgh, \text{ где}$$

$$E_{\text{к}} = \frac{m v^2}{2}; E_{\text{п}} = mgh; \text{ Примем } g = 10 \text{ м/с}^2$$

3) пуля и тело образуют систему, в которой применим закон сохранения импульса:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 \quad p_1 = m v_0; p_2 = M v, \text{ где } v = 0 \text{ - скорость тела до столкновения с пулей}$$

$$m v_0 + M v = v'(M+m) \quad \Delta p' = v'(M+m) \text{ т.к. пуля застревает в пузе}$$

$$m v_0 = v'(M+m); v' = \frac{m v_0}{M+m} = \frac{0,01 \cdot 200}{0,01 + 0,99} = 2 \text{ м/с}$$

И) Рассмотрим закон сохранения энергии около тела M:

$$Mgh = \frac{(M+m)v'^2}{2} + (M+m)gh', \text{ где } E_{\text{п}} = Mgh \text{ - тело в начале,}$$

$$h' = \frac{Mgh - \frac{(M+m)v'^2}{2}}{(M+m)g} = \frac{0,99 \cdot 10 \cdot 1 - \frac{(0,99+0,01) \cdot 2^2}{2}}{(0,99+0,01) \cdot 10} = \frac{E_{\text{к}}' - \frac{(M+m)v'^2}{2}}{(M+m)g} \text{ где } E_{\text{к}}' = \frac{(M+m)v'^2}{2} \text{ тело и пуля движутся на высоте } h' \text{ см. далее}$$

$= 0,79 \text{ м}$  Ответ  $h' = 0,79 \text{ м}$

26. Дано

$$P = 60 \text{ Вт}$$

$$N = 1 \cdot 10^{19}$$

$$\eta = 0,06$$

$$\lambda_{\varphi} = ?$$

Решение:

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}; \quad \eta = \frac{A_{\text{изл}}}{A_3} \cdot 100\%$$

$$T = \frac{1}{\nu}; \quad \nu = \frac{c}{\lambda}; \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$E = h\nu = \frac{hcN}{\lambda}; \quad A_{\text{изл}} = E; \quad A_{\text{изл}} = P\lambda$$

$$A_{\text{изл}} = 0,06 A_3$$

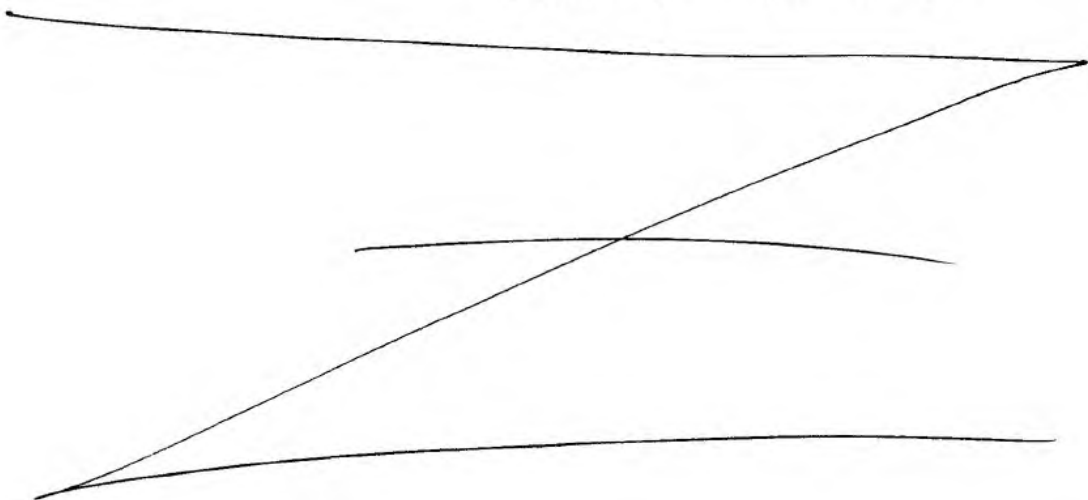
$$P\lambda = \frac{hcN}{\lambda} \cdot 0,06; \quad h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$\lambda^2 = \frac{0,06hcN}{P}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{0,06hcN}{P}} = \sqrt{\frac{0,06 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{19}}{60}}$$

$$\approx 4,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$\text{Ответ } \lambda = 4,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$



Оценивание

24	25	26	27	28	29	30
1	2	0	X	X	1	0 0

Работа 3

№24 1) Если считать показания электрометра флюидом порции какой-либо жидкости по потенциалу, то из зависимости  $C = \frac{q}{\varphi}$  это и узнаем.

2) Т.к. это может плоского конденсатора, то его ёмкость рассчитывается по формуле  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ , где  $S$  - площадь каждой из пластин, а  $d$  - расстояние между ними. В ходе эксперимента увеличатся расстояние между пластинами

$\uparrow C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \downarrow$  - ёмкость увеличивается.

3) Т.к. ёмкость увеличилась  $C = \frac{q}{\varphi} \Rightarrow \varphi = \frac{q}{C}$ , а заряд на обкладках не изменился

то  $\downarrow \varphi = \frac{q}{C \uparrow}$  напряжение упадёт, соответственно, уменьшится и показание электрометра

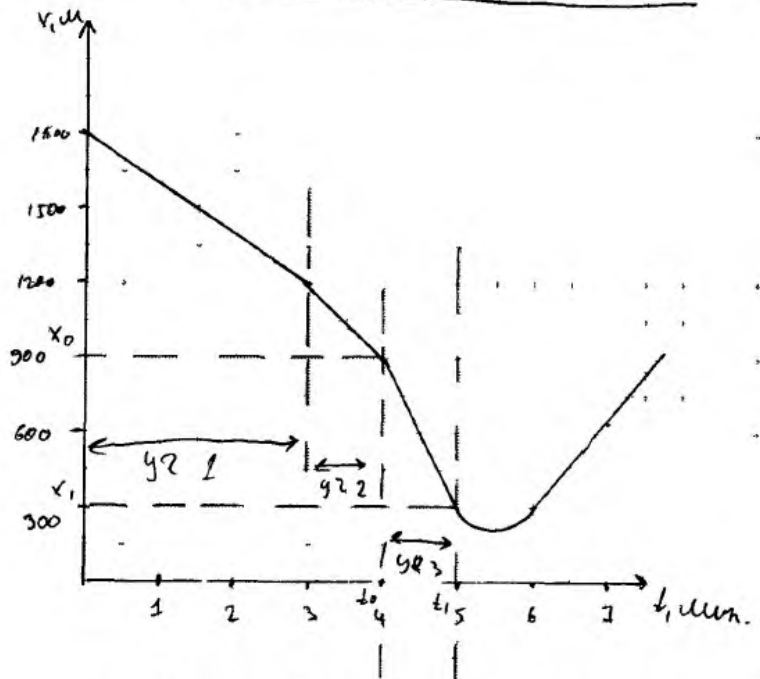
№25

Дано:  
 $m = 1700 \text{ кг}$   
 $E_{k, \text{max}} = ?$

$$v_{\text{max}} = \frac{S}{t} = \frac{y_0 - y_1}{t_1 - t_0} = \frac{900 \text{ м} - 300 \text{ м}}{300 \text{ с} - 240 \text{ с}} = 10 \text{ м/с}$$

$$E_{k, \text{max}} = \frac{m v_{\text{max}}^2}{2} = \frac{1700 \text{ кг} (10 \text{ м/с})^2}{2} = 8500 \text{ Дж}$$

Ответ: 8500 Дж.



Если забыть проделить на 2, то можно получить, что тело двигалось равномерно, но с разной скоростью. Скорость максимальна в 3 часа, т.к. пройдет самый длинный путь за меньший промежуток времени.



№26  $N = 1 \cdot 10^{19}$   
 $t = 1 \text{ c.}$   
 $P = 60 \text{ BT.}$   
 $\eta = 6\% = 0,06$

1)  $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{E_{\text{ф}} \cdot N}{Q} = \frac{h \cdot c \cdot N}{\lambda Q} \quad (1)$

2)  $P = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = P \cdot t \quad (2)$

3) (2)  $\rightarrow$  (1)  $\eta = \frac{h \cdot c \cdot N}{\lambda P t} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c \cdot N}{P t \eta} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1 \cdot 10^{19}}{60 \text{ BT} \cdot 1 \text{ c.} \cdot 0,06} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

Ответ:  $5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

№27

Дано:

1 цилиндр

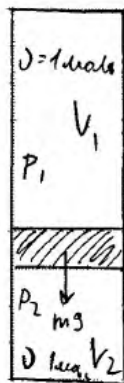
2 цилиндра

$J_1 = 1 \text{ моль}$

$\frac{V_1}{V_2} = 2$

$\Delta U = ?$

$\frac{V_1'}{V_2'} = 3$



$P_2 = P_1 + \frac{mg}{S}$



2)  $\frac{P_1' V_1'}{P_2' V_2'} = \frac{J RT}{(J - \Delta J) RT}$

$\frac{P_1' - 3}{P_1' + \frac{mg}{S}} = \frac{J}{J - \Delta J}$

$3P_1' J - 3P_1' \Delta J = P_1' J + \frac{mg J}{S}$

$2P_1' J - 3P_1' \Delta J = \frac{mg J}{S} \quad (4)$

4) (3)  $\rightarrow$  (4)

$2P_1' J - 3P_1' \Delta J = P_1' J \quad (6)$

3)  $V_1$  сожмат на  $\frac{2}{3}$  ом босо остоёма сожмат

$V_1' = \text{сожмат на } \frac{2}{4} \text{ ом босо остоёма}$

$\frac{P_1 - 2V}{3} = \frac{J RT}{4}$

$P_2' = P_1' + \frac{mg}{S}$

$\frac{P_1' - 3V}{4} = \frac{J RT}{4}$

$\frac{(1) \quad P_1 - 2V \cdot 4}{(2) \quad 3 P_1' - 3V} = \frac{J RT}{J RT}$

$\frac{P_1 - 8}{P_1' - 3} = 1$

$P_1 - 8 = P_1' - 3$

$P_1 = \frac{9P_1'}{8} \quad (5)$

5) (5)  $\rightarrow$  (6)

$2P_1' J - 3P_1' \Delta J = \frac{9P_1' J}{8} \quad /: P_1'$

$2J - 3\Delta J = \frac{9}{8} J$

$2J - \frac{9}{8} J = 3\Delta J \quad \frac{7}{8} J = 3\Delta J$

1)  $\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{J RT}{J RT}$

$\frac{P_1 V_1}{(P_1 + \frac{mg}{S}) V_2} = 1$

$\frac{P_1 - 2}{P_1 + \frac{mg}{S}} = 1$

$2P_1 = P_1 + \frac{mg}{S}$

$P_1 = \frac{mg}{S} \quad (3)$

$$\frac{7}{8} \cdot d = 300$$

$$d = \frac{7d}{24} = \frac{7 \cdot 1000}{24} \approx 0,3 \text{ м.}$$

Ответ: 0,3 м.а

№28 Дано:

$$L = 0,1 \text{ м}$$

$$m = 0,025 \text{ кг}$$

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$q = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

R - ?

По 3-му закону

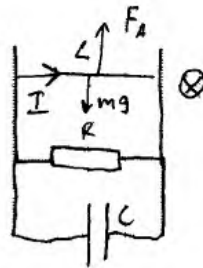
$$F_A - mg = 0$$

$$F_A = mg$$

$$BIL = mg \quad I = \frac{q}{R}$$

$$\frac{B \cdot U \cdot L}{R} = mg \quad C = \frac{q}{U} \Rightarrow U = \frac{q}{C}$$

$$\frac{BqL}{RC} = mg \Rightarrow R = \frac{BqL}{Cmg} = \frac{0,5 \text{ Тл} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \cdot 0,1 \text{ м}}{20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 0,025 \text{ кг}} = 0,01 \text{ Ом}$$



Ответ: 0,01 Ом.

№29 Дано:

$$D = 5 \text{ г/см}^3$$

$$f = 9,5 \text{ см}$$

$$H = 0,1 \text{ м}$$

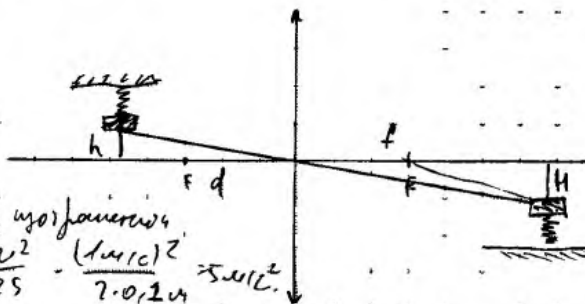
$$v_m = 1 \text{ м/с}$$

a - ?

1) Найти расстояние от центра по кругу:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{d} = D - \frac{1}{f} = 5 \text{ г/см}^3 - \frac{1}{9,5 \text{ см}} \approx 3 \text{ см}^{-1} \Rightarrow d = \frac{1}{3} \text{ м}$$



2) Из формулы

$$\frac{d}{f} = \frac{h}{H}$$

$$\frac{1}{3 \text{ м}} = \frac{h}{0,1 \text{ м}} \Rightarrow L = \frac{0,1 \text{ м}}{1,5 \text{ м}^2} = 1,5 \text{ м}$$

4) Найти время при каком

$$s = s_0 + v \cdot t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow s = \frac{at^2}{2}$$

3) Найти ускорение из формулы

$$v^2 - v_0^2 = 2as \Rightarrow a = \frac{v^2}{2s} = \frac{(1 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 0,2 \text{ м}} = 2,5 \text{ м/с}^2$$

найти время, за которое ускорение ускорит 0,1 м.

$$v = v_0 + at \quad v = at \Rightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{1 \text{ м/с}}{2,5 \text{ м/с}^2} = 0,4 \text{ с}$$

$$\sqrt{2g} \quad s = \frac{at^2}{2} \quad s = h$$

$$h = \frac{at^2}{2}$$

$$a = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \cdot 1 \text{ м}}{15 \cdot 0,2^2 \text{ с}^2} \approx 3,3 \text{ м/с}^2$$

Ответ:  $3,3 \text{ м/с}^2$ .

№30 Дано:

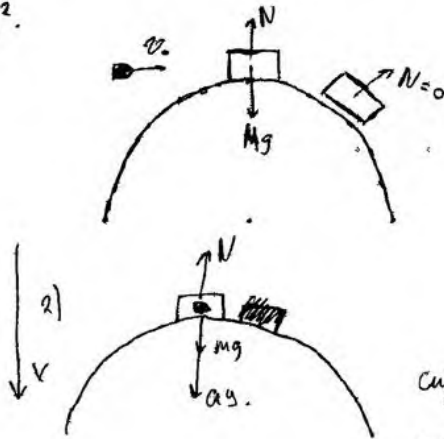
$$M = 0,99 \text{ кг}$$

$$R = 1 \text{ м}$$

$$m = 0,01 \text{ кг}$$

$$v_0 = 200 \text{ м/с}$$

$h = ?$



1) ЗСЦ

$$mv_0 + Mv = (M+m)v'$$

$$mv_0 = (M+m)v'$$

$$v' = \frac{mv_0}{M+m} = \frac{200 \text{ м/с} \cdot 0,01 \text{ кг}}{(0,99 \text{ кг} + 0,01 \text{ кг})} = 2 \text{ м/с}$$

Сила сцепления по оси OX но в 3-ью координату

$$mg - N = m_c a_{yc}$$

$$N = m_c (g - a_{yc})$$

$$N = m_c \left( g - \frac{v^2}{R} \right)$$

$$N = (M+m) \left( g - \frac{v^2}{R} \right)$$

$$a_{yc} = \frac{v^2}{R}$$

$m_c$  - масса системы  
"Брусок + пуля"

$$m_c = M+m$$

$$N = (0,99 + 0,01) \left( 10 \text{ м/с}^2 - \frac{2^2}{1 \text{ м}} \right) = 6 \text{ Н}$$

3) момент сцепления -  $N=0$



По в 3-ью координату

$$mg \sin \alpha = a_{yc} \cdot m$$

$$mg \sin \alpha = \frac{v^2}{R} \cdot m \quad | : m$$

$$g \sin \alpha = \frac{v^2}{R}$$

$$\frac{R}{h} \sin \alpha = \frac{h}{R} \quad \sin \alpha = \frac{h}{R}$$

$$\frac{g \cdot h}{R} = \frac{v^2}{R} \quad | \cdot R$$

$$g \cdot h = v^2 \Rightarrow h = \frac{v^2}{g} = \frac{(2 \text{ м/с})^2}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{4}{10} \text{ м} = 0,4 \text{ м} \quad \text{Ответ: } 0,4 \text{ м}$$

Обоснование:

1) Т.к. тела прилегли к поверхности малой (по сравнению с радиусом) то фронтальная ось за малом, точки.

2) Т.к. все действующие силы направлены в одной плоскости (плоскости движения) с осью, то ось можно считать инерциальной.

3) Т.к. нет сил сцепления  $\rightarrow$  применяем ЗСЦ (или сил сцепления) и момент сцепления  $\rightarrow$  сила реакции опоры = 0.

### Оценивание

24	25	26	27	28	29	30
2	1	2	3	3	0	0 1



№28

Дано:

$$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$m = 25 \text{ г} = 0,025 \text{ кг}$$

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$C = 20 \text{ мкФ} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$q = 1 \text{ мкКл} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

R - ?

Решение:

1) т.к. проводник скользит равномерно, то по II закону Ньютона:

$$mg = F_A$$

~~F\_A = \dots~~  $F_A = IB l \cdot \sin 90^\circ$  - сила Ампера

$$mg = IB l$$

$$I = \frac{mg}{Bl}$$

2)  $C = \frac{q}{U_C} \Rightarrow U_C = \frac{q}{C}$ ;  $U_C$  - напряжение на конденса-  
торе

т.к. ~~конденсатор~~ разность потенциалов

на ~~конд~~ конденсаторе и резисторе одинаковая, то

$U_C = U_R$ ;  $U_R$  - напряжение на резисторе

3)  $I = \frac{U_R}{R}$  - по закону Ома для участка цепи

$$R = \frac{U_R}{I} \Rightarrow R = \frac{q}{C} \cdot \frac{Bl}{mg}$$

$$R = \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 0,1}{20 \cdot 10^{-6} \cdot 0,025 \cdot 10} = 0,01 \text{ Ом}$$

Ответ: 0,01 Ом

№24

1) Формула плоского конденсатора  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

Поскольку среда между пластинами не  
меняется, не меняется ~~объем~~ площадь  $S$  и  $\rightarrow$

№24

меняется только расстояние  $d$  между пластинами, то  $C$  изменяется обратно пропорционально  $d$ .  
~~Но пластины соприкоснулись и  $d$  уменьшилось  $\Rightarrow$~~   
 ~~$C$  увеличилось~~

2) Также  $C = \frac{q}{U}$

заряд  $q$  не изменяется  $\Rightarrow$  меняется  $U$  обратно пропорционально  $C \Rightarrow U$  меняется прямо пропорционально  $d \Rightarrow$

3) Так как ~~пластины соприкасаются~~  $\Rightarrow d$  уменьшается  $\Rightarrow U$  уменьшается прямо пропорционально  $d$   
 ~~$\Rightarrow$  ток  $i$  показания электрострелы по условию~~  
 прямо пропорционально разности потенциалов между пластинами  $\Rightarrow$  т.е.  $U$

Так как  $U$  уменьшается показания электрострелы уменьшаются.

№30

Дано:

$M = 0,99 \text{ кг}$

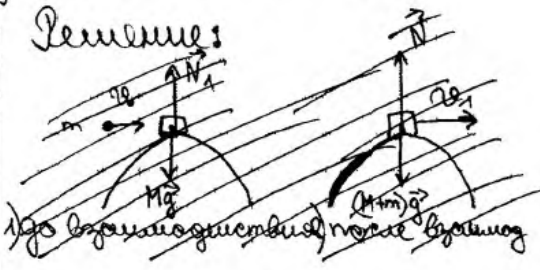
$R = 1 \text{ м}$

$m = 0,01 \text{ кг}$

$\omega_0 = 200 \text{ рад/с}$

$h = ?$

Решение:



с землей.

1) Будем рассматривать задачу в системе отсчета связанной

№30

2) Пусть земля движется инерциальной системой отсчета (ИСО)

3) запишем закон сохранения проекции импульсов тела для пули и тела

$$m v_0 = (M+m) v_1, \text{ где } v_1 \text{ - скорость тела вместе после столкновения}$$

(m и M - массы пули и тела)

откуда 
$$v_1 = \frac{m v_0}{M+m}$$

4) После столкновения тело ступит на поверхность окружности

5) запишем закон сохранения полной механической энергии для тела до отрыва и после

$$\frac{(M+m) v_0^2}{2} + (M+m) g R = \frac{(M+m) v_2^2}{2} + (M+m) g h$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + (M+m) g R = \frac{(M+m) v_2^2}{2} + (M+m) g h; \text{ где } v_2 \text{ - скорость тела в момент отрыва}$$

6) В момент отрыва от поверхности центростремительная сила  $N=0$ , где  $N$  - сила реакции опоры

7) Для тела, по II закону Ньютона, в момент отрыва справедливо равенство

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

Пусть  $\alpha$  - угол между  $R$  и  $(m+M) \vec{g}$

№20  
 8) из н.7  $\Rightarrow v_2^2 = \frac{g \sin \alpha}{R}$

9) стационарен в н.5

$$\cancel{\frac{(M+m)v_0^2}{2(M+m)}} + \frac{(M+m)m v_0^2}{2(M+m)} + (M+m)gR = \frac{(M+m)g \sin \alpha}{2R} + (M+m)gh$$

**Оценивание**

24	25	26	27	28	29	30	
2	2	2	X	3	X	0	1



Работа 5

25. дано:  $m = 1700 \text{ кг}$   
 найти  $E$  - ?  
 решение: кинетическая энергия на кинематика, когда скорость автомобиля  
 увеличивается на кинематика.

$$E = \frac{mv^2}{2}, \text{ где } v - \text{максимальная скорость}$$

из графика видно, что скорость максимальная в отрезок времени 4-5 мин.

$$v = \frac{s}{t}, \text{ где } s - \text{пути, пройденный за этот отрезок времени, } t - \text{время}$$

$$v = \frac{600 \text{ м}}{60 \text{ с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad E = \frac{1700 \text{ кг} \cdot (10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{2} = 85000 \text{ Дж}$$

ответ: 85000 Дж

26. дано:  $P_n = 60 \text{ Вт}$   
 $N = 10^{19} \text{ с}^{-1}$   
 $\eta = 6\%$   
 найти  $\lambda$  - ?  
 решение:  $\eta = \frac{P_n}{P_z} \cdot 100\%$ , где  $P_n, P_z$  - мощность излучения  
 $P_z = N \cdot h \nu$ , где  $\nu$  - частота света  
 $\nu = \frac{c}{\lambda}$   
 $P_n = \frac{P_z}{100\%} = N \cdot h \nu$ , где  $\nu$  - частота света  $\nu = \frac{c}{\lambda}$

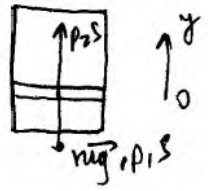
$$P_n = \frac{N h c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{100\% \cdot N h c}{\eta P_n} = \frac{100\% \cdot 10^{19} \text{ с}^{-1} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3}{6\% \cdot 60 \text{ Вт}}$$

$$\lambda = 550 \cdot 10^{-9} \text{ м} \quad \text{ответ: } \underline{550 \text{ нм}}$$

27. дано:  $d = 1 \text{ мм}$   
 найти  $\Delta p$  - ?  
 решение: пусть  $p_1$  - давление воздуха в верхней части сосуда,  $p_2$  - давление воздуха в нижней части сосуда,  $m$  - масса поршня,  $V_0$  - объем сосуда,  $S$  - площадь основания поршня. т.к. поршень находится в равновесии, по 2 закону Ньютона.

$$-mg - p_1 S + p_2 S = 0. \text{ направленные вниз сила тяжести и}$$

сила давления воздуха сверху равно величина силы  
 направленной вверх силой давления воздуха  
 снизу. но ~~сила давления воздуха снизу~~  
~~сила давления воздуха сверху~~ ~~сила давления воздуха~~  
~~сила давления воздуха~~ ~~сила давления воздуха~~



$p_1 \approx p_2$  по уравнению Менгелева - Клайперона придем к  
 за уравнению газ:

$$p_1 \cdot \frac{2}{3} V_0 = \nu RT \Leftrightarrow p_1 = \frac{3 \nu RT}{2 V_0}, \quad p_2 \cdot \frac{1}{3} V_0 = \nu RT \Leftrightarrow p_2 = \frac{3 \nu RT}{V_0}$$

$$mg = S(p_2 - p_1) = S \cdot \frac{3 \nu RT}{2 V_0}$$

мы с  $p_3$  - давление воздуха в верхней части сосуда,  
 за  $p_4$  - давление воздуха в нижней части сосуда,  
 сосуда, но  $p_3$  - давление воздуха в нижней части  
 сосуда, но  $p_4$  - давление воздуха в нижней части  
 сосуда.  $m \cdot g$  - сила тяжести сосуда  
 равно весу, но 2 закону Ньютона.

$$-mg - p_3 S + p_4 S = 0$$

по уравнению Менгелева - Клайперона:

$$p_3 \cdot \frac{3}{4} V_0 = \nu RT \Leftrightarrow p_3 = \frac{4 \nu RT}{3 V_0}, \quad p_4 \cdot \frac{1}{4} V_0 = (\nu - \nu') RT \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow p_4 = \frac{4(\nu - \nu') RT}{V_0}$$

$$mg = S(p_4 - p_3) = S \cdot \frac{4 \nu RT}{V_0} \left( 2 - \nu' - \frac{1}{3} \right) = \frac{4 \nu RT}{V_0} \left( \frac{2}{3} 2 - \nu' \right)$$

$$\frac{4 \nu RT}{3 V_0} (2 - 3\nu') = \frac{3 \nu RT}{2 V_0} \nu' \Leftrightarrow \frac{4}{3} (2 - 3\nu') = \frac{3}{2} \nu' \Leftrightarrow \frac{8}{3} 2 - 4\nu' = \frac{3}{2} \nu'$$

$$4\nu' = \frac{7}{6} \nu \quad \nu' = \frac{7}{24} \nu = \frac{7}{24} \cdot \nu \text{ (число} = 0,29 \text{ число округлил } 0,29 \text{ млн)}$$

29. дано: решение:

$$\begin{aligned} D &= 5 \text{ см} \\ f &= 0,5 \text{ м} \\ A' &= 0,1 \text{ м} \\ v' &= 1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned}$$

фокусное расстояние линзы равно:  $F = \frac{1}{D} = \frac{1}{5 \text{ см}} = 0,2 \text{ м}$   
 по формуле тонкой линзы:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{d}$ , где  $d$  - расстояние от пружины до мениска

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f} = \frac{f - F}{Ff} \Rightarrow d = \frac{Ff}{f - F}$$

эти значения пружины равны:  $f = \frac{f}{d} = \frac{f(f - F)}{Ff} = \frac{f - F}{F} = \frac{0,5 \text{ м} - 0,2 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} = 1,5$ .

очевидно, что амплитуда колебаний пружины  $A$  и ее максимальная скорость  $v$  будут обратно связаны:

$$A = \frac{v'}{f}, \quad v = \frac{v'}{f}$$

потенциальная энергия пружины  $\frac{KA^2}{2}$  равна кинетической энергии  $\frac{mv^2}{2}$  массы груза  $m$  в момент времени  $t$  при амплитуде  $A$ .

$$\frac{KA^2}{2} = \frac{mv^2}{2}, \quad \text{где } K - \text{ жесткость пружины, } m - \text{ масса груза}$$

$$\frac{K}{m} = \frac{v^2}{A^2} = \frac{v'^2}{A'^2}$$

но в первом случае  $ma = Ka$   $\Rightarrow a = \frac{K}{m} \cdot A = \frac{v'^2}{A'^2} \cdot A = \frac{v'^2}{A'^2} \cdot \frac{v'}{f} = \frac{v'^3}{A'^2 \cdot f} = \frac{1 \text{ м}^2}{0,1 \text{ м} \cdot 1,5} = 6,67 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

ответ:  $6,67 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

30. дано: решение:

$U = 0,9 \text{ м}$   
 $R = 1 \text{ м}$   
 $m = 0,01 \text{ кг}$   
 $v_0 = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 найти:  
 $h = ?$

но закону сохранения импульса:

$$mv_0 = (M + m)v_1, \quad \text{где } v_1 - \text{ скорость тела с пулей после удара}$$

но в первом случае  $U = mg$  сразу после удара:

$$(M + m)a = (M + m) \cdot \frac{v_1^2}{R} = (M + m)g - N, \quad \text{где } a - \text{ ускорение тела с пулей сразу после удара, } N - \text{ сила реакции опоры со стороны сферы}$$

28.  $\varphi_{\text{анод.}}$   $\varphi_{\text{катод.}}$   
 $\ell = 0,1 \text{ м}$   
 $m = 0,015 \text{ кг}$   
 $\alpha = 90^\circ$   
 $B = 0,5 \text{ Тл}$   
 $C = 20 \text{ мкФ}$   
 $q = 1 \text{ мкКл}$   
 $R = ?$

решение:  
 м.к.  $\varphi_{\text{анод.}} = \varphi_{\text{катод.}}$   
 $0 = mg - Bl \sin \alpha \Rightarrow Bl \sin \alpha = mg$ , сила тока  
 равномерно распределена по длине  
 $I = \frac{mg}{Bl \sin \alpha}$  — сила тока в цепи

напряжение на резисторе и на конденсаторе равно,  
 м.к.  $U = IR = \frac{q}{C} \Rightarrow R = \frac{qBl \sin \alpha}{mgC} = \frac{10^{-6} \text{ Кл} \cdot 0,5 \text{ Тл}}{0,015 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Кл}}{\text{Ф}}}$

$\frac{0,1 \text{ м} \cdot 1}{20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 0,01 \text{ Ом}$  ответ: 0,01 Ом

29. емкость конденсатора  $C$  равна:  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ , где  
 $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость вещества конденсатора,  
 $\epsilon_0$  — диэлектрическая проницаемость вакуума,  
 $S$  — площадь поверхности обкладок,  
 $d$  — расстояние между обкладками.

напряжение на конденсаторе равно:  $U = \frac{q}{C}$ , где  
 $q$  — заряд конденсатора

м.к. при изгибе конденсатора  
 где происходит изгиб, и показание электрометра уменьшится.

ответ: показание электрометра уменьшится.

30. (среднее значение)  $N = (U + m)g - (U + m) \frac{v_1^2}{R} = (U + m)g - \frac{v_1^2}{R}$   
 в момент времени  $t$  перед опробом  $v_1$  — скорость записи

$(U + m)g - \frac{v_1^2}{R} = N \Rightarrow (U + m)g - \frac{v_1^2}{R} = N$

$$\frac{h}{R} \left( \frac{v_1^2}{R} - g + g - \frac{v_1^2}{R} \right) = g \Rightarrow h = \frac{gR^2}{2v_1^2}$$

$$v_1 = \frac{m\omega_0}{m+m} = 0,01 \frac{m \cdot 200 \frac{m}{c}}{1m} = 2 \frac{m}{c}$$

$$\frac{h}{R} \cdot \frac{2v_1^2}{R} = g \Rightarrow h = \frac{gR^2}{2v_1^2} = \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 1m^2}{2 \cdot \frac{4m^2}{c^2}} = 0,71m$$

$$(M+m)v_1^2 \cdot \frac{h}{R} = (M+m)g - (M+m) \left( g - \frac{v_1^2}{R} \right) \cdot \frac{h}{R}$$

$$\frac{v_1^2 h}{R^2} = g - \frac{gh}{R} + \frac{v_1^2 h}{R^2}$$

$$\frac{h}{R} \left( \frac{v_1^2}{R} + g \right) = g \Rightarrow h = \frac{gR}{\frac{v_1^2}{R} + g} = \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 1m}{\frac{4m^2}{c^2} + 10 \frac{m}{c^2}} = 0,71m$$

обоим телам: 1. Система рассматривается заодно в системе отсчета, связанной с землей. Система отсчета в инерциальной

2. т.к. радиусы тел мало по сравнению с радиусом Земли, поэтому

3. т.к. в момент удара на тело действует сила тяжести и упругая сила консервной банки, удар происходит в центре масс, поэтому

4. т.к. тела материальны точки, а линия инерциальная, то для них применим закон сохранения энергии

ответ: 0,71м

### Оценивание

24	25	26	27	28	29	30
2	2	2	3	3	3	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	$10^{-12}$

<b>Константы</b>	
число $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

<b>Соотношение между различными единицами</b>	
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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

<b>Масса частиц</b>	
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Плотность</b>	
подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>
алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>
железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>
ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>

<b>Удельная теплоёмкость</b>					
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)			

<b>Удельная теплота</b>	
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

<b>Нормальные условия:</b> давление – $10^5$ Па, температура – $0$ °С					
<b>Молярная масса</b>					
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