

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 2022 года**

ФИЗИКА

Москва
2022

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 2022 г. по физике подготовлены в соответствии с Тематическим планом работ федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный институт педагогических измерений» на 2021 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 2022 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, 2022

© Федеральный институт педагогических измерений, 2022

Оглавление

1. РОЛЬ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ В КИМ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ.....	4
2. СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ В ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ.....	7
2.1. СХЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ 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
3. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ.....	20
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.....	54
3.4. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА ЗАДАНИЯ 30.....	73
3.5. ПРИМЕРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЦЕЛЫХ РАБОТ	85
СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ	118
УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНИВАНИЮ РАЗВЁРНУТЫХ ОТВЕТОВ УЧАСТНИКОВ ЕГЭ ДЛЯ ЭКСПЕРТА, ПРОВЕРЯЮЩЕГО ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ 24–30 ПО ФИЗИКЕ В 2022 ГОДУ	120

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, непронумерованную 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 Рособнадзора 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

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

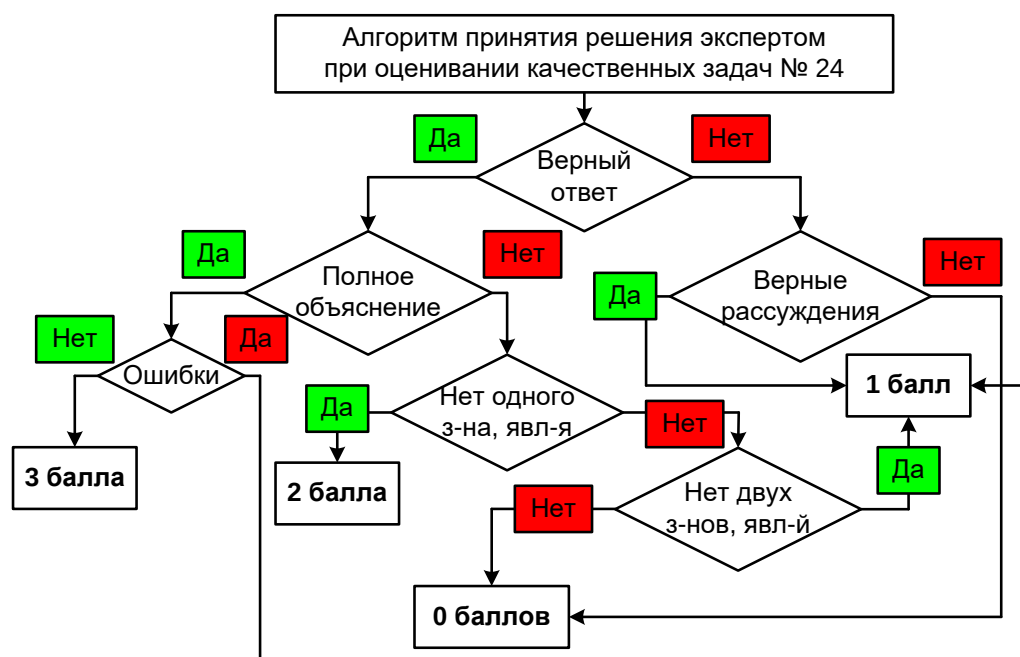
Среди качественных задач встречаются задания с дополнительными условиями. Например, дополнительно к объяснению предлагается изобразить схему электрической цепи или сделать рисунок с ходом лучей в оптической системе. В этом случае в описание полного правильного решения вводится ещё один пункт (верный 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
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>формулируется ответ</i>), верный рисунок с указанием хода лучей (или верную схему электрической цепи) и 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

И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. И (ИЛИ) Приведён неверный рисунок с указанием хода лучей в оптической системе (допущена ошибка в схеме электрической цепи)	
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. 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. ИЛИ Приведён только верный рисунок с указанием хода лучей в оптической системе (верная схема электрической цепи)	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	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.

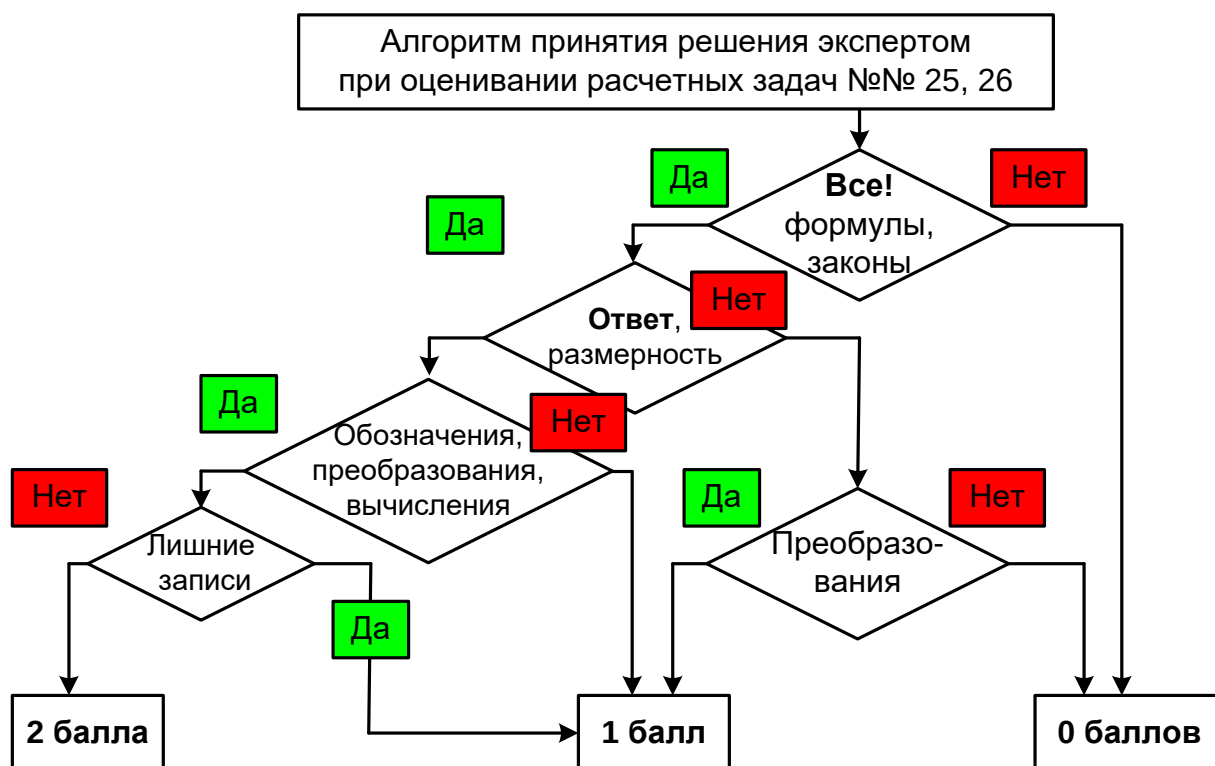
Обобщённая схема оценивания заданий 25 и 26

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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: <u>перечисляются законы и формулы</u>)¹; 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)²; III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

¹ В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике.

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

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>) ³ ; 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) ⁴ ; 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

³ В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике.

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

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 одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	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
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ	3

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. 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 допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	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
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) приведён правильный рисунок с указанием сил, действующих на тело; IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3

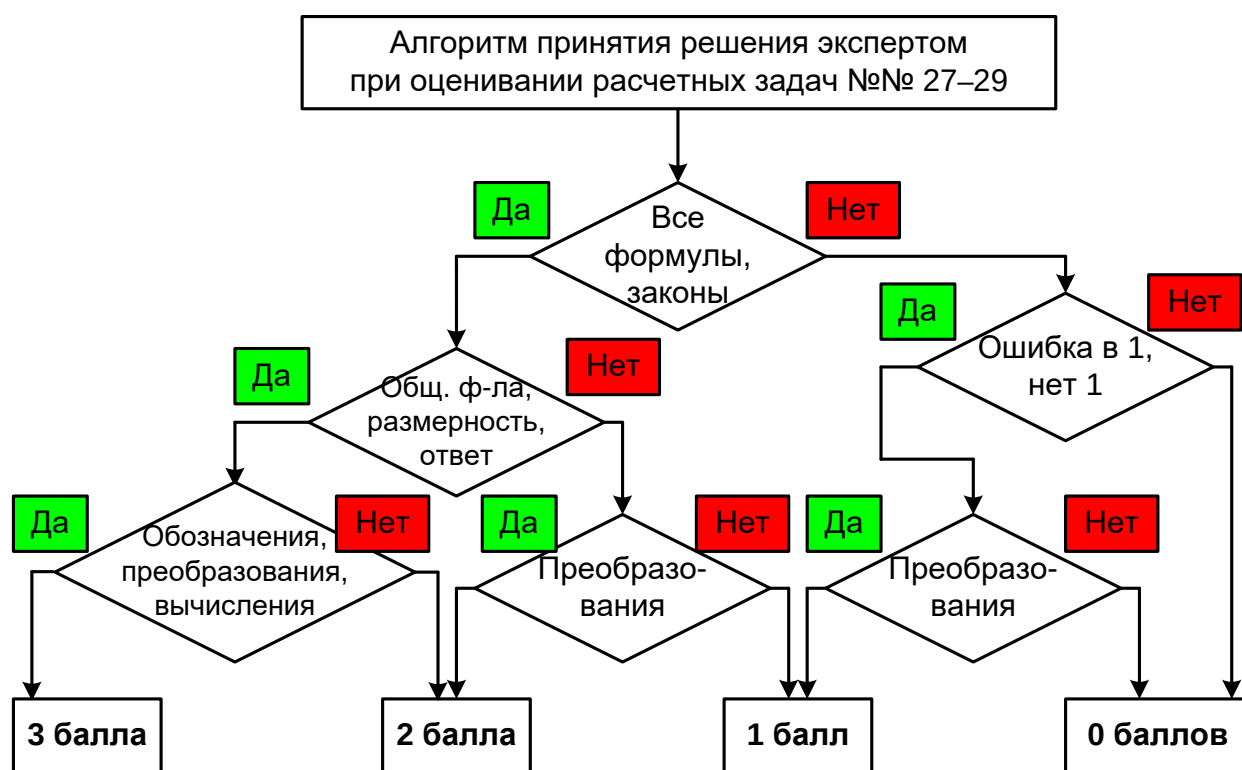
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II или III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются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

3. В тексте задачи присутствует требование изобразить **схему электрической цепи** 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
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) приведён правильный рисунок, поясняющий решение; IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному	3

числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
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 или III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ Приведён только правильный рисунок	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

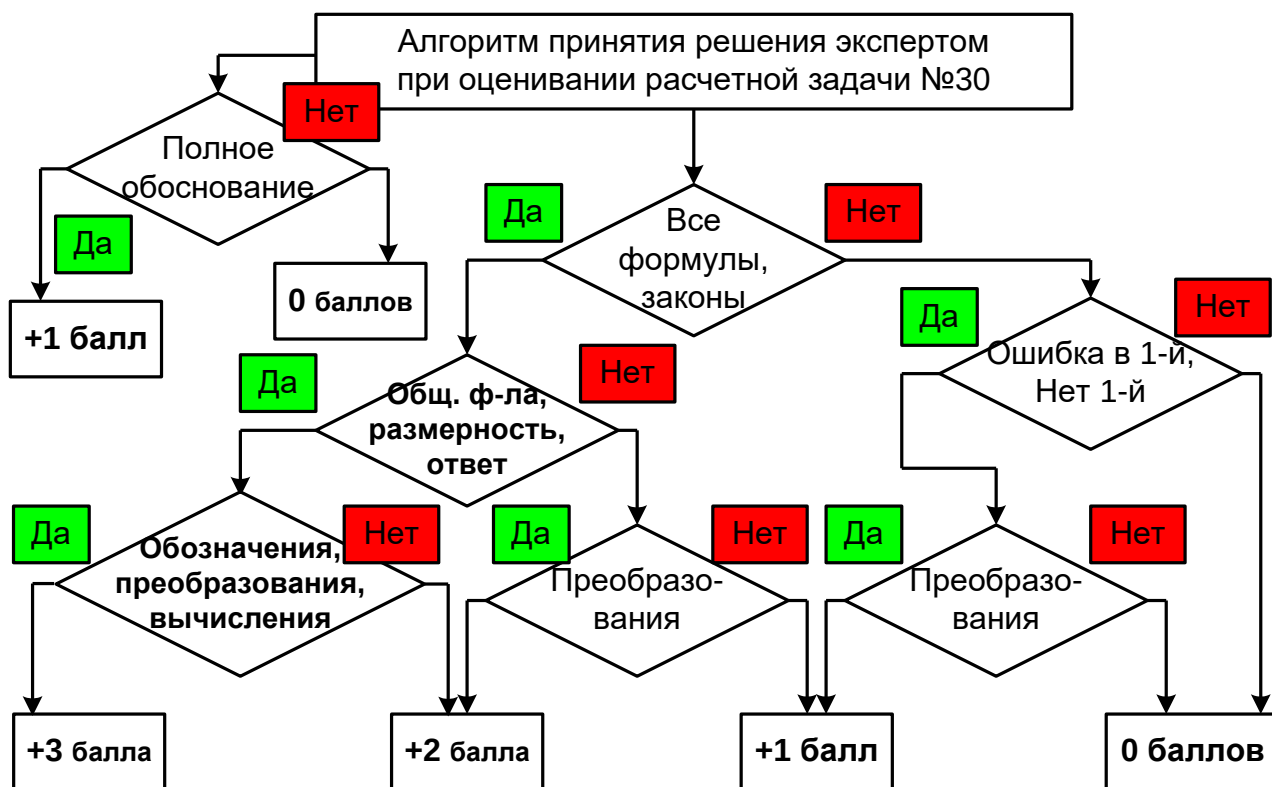
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>перечисляются элементы обоснования</i>	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0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

⁵ В качестве исходных принимаются формулы, указанные в кодификаторе проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике.

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

преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	4

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.

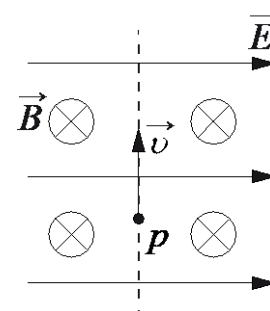
- Если в задании требовалось определить отношение величин «**A/B**», а участник экзамена определил значение отношения «**B/A**», то это не считается ошибкой или погрешностью.
- Если подмена сводится к тому, что экзаменуемый определил не ту величину, которую требовалось рассчитать по условию задачи, а 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	
1. Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо. 2. На протон действуют магнитное поле силой $F_M = qvB$ и электрическое поле силой $F_e = qE$. Поскольку заряд протона положительный, $\vec{F}_e$ сонаправлена с $\vec{E}$, а по правилу левой руки $\vec{F}_M$ направлена противоположно силе $\vec{F}_e$. Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны. 3. Сила действия электрического поля с увеличением напряжённости электрического поля увеличится. Поскольку равнодействующая сил $\vec{F}_M$ и $\vec{F}_e$, а также вызываемое ею в этом случае ускорение направлены вправо, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: что траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо, п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: формулы расчёта сил действия на заряженную частицу электрического и магнитного полей, правило левой руки, второй закон Ньютона)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)	2

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. 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 $(+p) > 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ сила Лоренца направлена влево

Вектор напряжённости направлен от $\oplus$ к $\ominus$

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

$F_E = qE$

$F_L = qvB \sin 30^\circ = qvB$

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

при увеличении E сила электрическая (F_E) тоже увеличивается

$F_E > F_L$

протон начнет двигаться правее от предыдущей траектории. Его как траекторию укажет

станет похожим на часть фигуры.

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 направленная вправо и 2 сила со стороны магнитного поля направленная влево. При увеличении напряжённости электрического поля сила направленная вправо возрастает так как эта сила прямо пропорциональна напряжённости. Сила со стороны магнитного поля не 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:

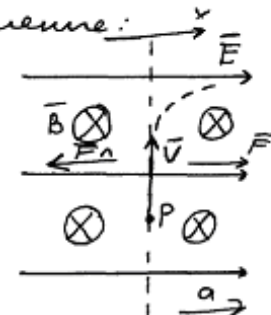
$\vec{E}, \vec{B} \quad \vec{E} \perp \vec{B}$

$\vec{V} \perp \vec{E}, \vec{V} \perp \vec{B}$

Р движется прямолинейно

$\vec{E} \uparrow$

Решение:



$\vec{F}_L = q \vec{B} \vec{V} \sin \alpha$

По правилу левой руки: можно узнать, что F_L направлено влево

$\vec{V} \perp \vec{B}$ по условию, а следовательно $\sin \angle V \vec{B} = 1$

$\Rightarrow \vec{F}_L = q \vec{B} \vec{V}$

По третьему закону Ньютона есть сила $\vec{F} = \vec{F}_L$

$\vec{F} = \frac{E}{q} \quad \vec{F} \uparrow \parallel \vec{E}$

$x \cdot F = F_L$

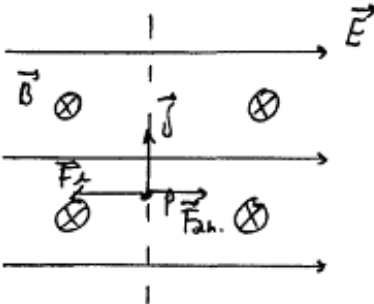
$\frac{E}{q} = q B V \Rightarrow E = q^2 B V$ При увеличении напряженности будет увеличиваться $F = \frac{E}{q} \uparrow$, а F_L не будет т.к. F_L не зависит от E

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

$F - F_L = m \ddot{a}$, а значит при увеличении напряженности будет двигаться по параболе вверх.

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.

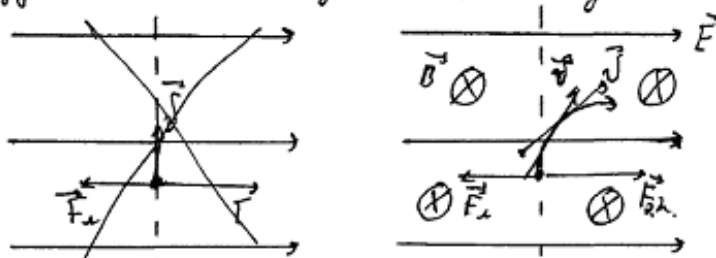
Пример 1.4 (1 балл)



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

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

3) Значит, при увеличении E протон пойдет 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.

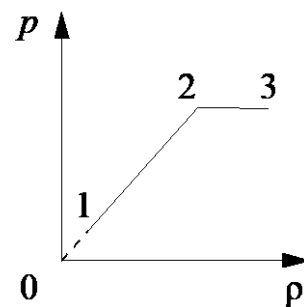
Пример 1.5 (0 баллов)

Сколько траектории изменит свое направление так напряженность электрического поле увеличилась. Состояние взаимодействия между частицами по-прежнему, но со временем все стабилизируется и протон пойдет 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	
1. Плотность газа $\rho = \frac{m}{V}$, где m – масса газа, V – его объём. В соответствии с уравнением Менделеева – Клапейрона $p = \frac{m}{\mu V} RT = \frac{\rho}{\mu} RT$. На участке 1–2 давление изменяется пропорционально плотности газа: $p \sim \rho$. Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется. Поскольку плотность газа на этом участке возрастает, объём газа уменьшается. 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	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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</i> , <i>формула плотности вещества</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.	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
Максимальный балл	3

Пример 2.1 (3 балла)

по условию масса газа m не изменяется. 1) воспользуемся формулой $p = \frac{pRT}{\mu} \Rightarrow \frac{p}{p} = \frac{RT}{\mu}$ Как видно из графика, $\frac{p}{p} = \text{const.}$ $R - \text{const}$ в ходе процесса 1-2. $\mu - \text{const} \Rightarrow \Delta T_{1-2} = 0.$ $\Delta T_{1-2} = 0 \Rightarrow$ 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 $\frac{V}{T} = \text{const.}$ $\uparrow p = \frac{p\mu}{RT\downarrow}$ 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.
--

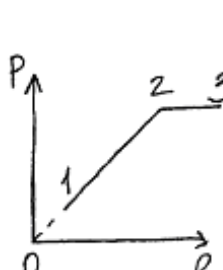
Приведён верный ответ и верные рассуждения об изменениях температуры и объёма газа. Приведена запись уравнения Клапейрона— Менделеева с учётом плотности газа, а также ссылки на изопроцессы. Работа оценивается в 3 балла.

Пример 2.2 (2 балла)

1. $m = \text{const}$, на участке 1-2 и 2-3 ρ увеличивается $\Rightarrow$ из формулы плотности по определению $\rho = \frac{m}{V}$, объём уменьшается пропорционально увеличению плотности.
 2. Участок 1-2-изотермический (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 есть $\frac{V}{T} = \text{const}$. 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.) $\Rightarrow V \downarrow$ (уменьшается)
 $\Rightarrow T \downarrow$ (уменьшается) ($\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$) 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)

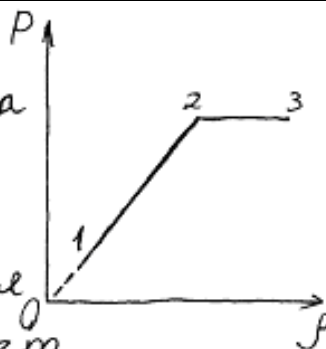
Процесс 1-2 - изохорный,
 $V = \text{const}$ (т.к. прямая 1-2 направлена
 в начало координат).

$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 = nkT \Rightarrow$
 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. ρ и p
 возрастают т.е. молекулы становятся ближе к друг
 другу. А температура ~~возрастает т.к. ее внутренняя~~
~~энергия возрастает.~~ $U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1$; $U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2$.

$$p_1 V_1 = \nu R T_1; \quad p_2 V_2 = \nu R T_2.$$

$$p_1 < p_2 \Rightarrow T_2 > T_1.$$

В процессе 2-3 объем тоже уменьшается т.к.
 ρ 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 E и двумя одинаковыми резисторами R . Электрическая схема соединения показана на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи разомкнут.

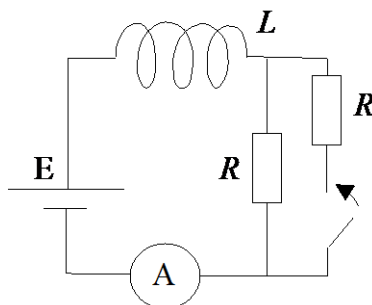


Рис. 1

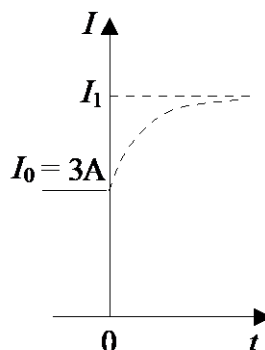


Рис. 2

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	
1. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи: $IR_{\text{общ}} = \mathcal{E} + \mathcal{E}_{\text{си}}$, где I – сила тока в цепи, $R_{\text{общ}}$ – сопротивление цепи, а $\mathcal{E}_{\text{си}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ – ЭДС самоиндукции, возникающая только при изменении силы тока, и препятствующая его изменению согласно правилу Ленца. 2. До замыкания ключа $R_{\text{общ}} = R$ сила тока через амперметр определяется законом Ома для замкнутой цепи: $I_0 = \frac{E}{R}$. 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. 4. Постепенно ЭДС самоиндукции уменьшается до нуля, а сила тока через катушку плавно возрастает до стационарного значения: $I_1 = 2 \frac{E}{R} = 2I_0 = 6 \text{ A}$	
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

В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
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. 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
Максимальный балл	3

Работа 3.1 (3 балла)

В данной схеме ток протекает по одному резистору, когда переключают ключ, то ток течёт по двум параллельным резисторам $(R_1 \parallel R_2)$ потому сила тока увеличивается в два раза из-за параллельного соединения и равно $I = 6$. $I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{R}$, $I_1 = \frac{2\mathcal{E}_0}{R}$; $\mathcal{E} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$; $\mathcal{E}$ (ЭДС) - отвечает изменению 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 увеличении I , в катушке происходит изменение магнитного потока, создаваемый 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 $I_{\text{в}} = 2I_0$, т.е. $I_{\text{в}} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ A}$.

Ответ: 6 A .

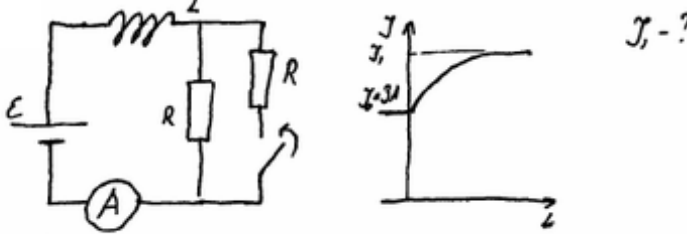
Дан правильный ответ, но нет указания на закон Ома для полной цепи и есть логический недочёт в формулировке правила Ленца. Поскольку недостатки решения не суммируются, итоговый результат – 2 балла.

Работа 3.4 (1 балл)

а) При замыкании ключа, сила тока в цепи резко растёт, потому что в цепь параллельно включается дополнительный резистор с соответствующим сопротивлением, следовательно, общее сопротивление цепи будет определяться по формуле $\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R}$. Таким образом, согласно на Закон Ома для полной цепи ($I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$), сопротивление, которое стоит в знаменателе нашей формулы, а сила тока, которая находится в обратной зависимости (обратно пропорциональна сопротивлению) от сопротивления резко растёт. б) Если нам сопротивление уменьшить вдвое, значит сила тока увеличится $I_1 = 2I_0 = 2 \cdot 3\text{А} = 6\text{А}$
 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)



$I_1 = ?$

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

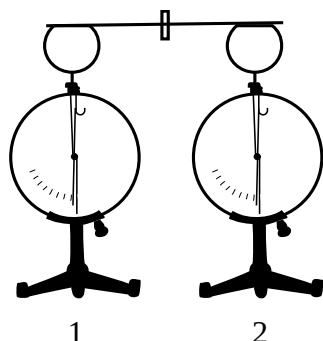


Рис. 1

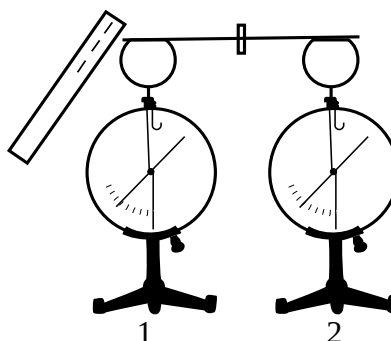


Рис. 2

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	
1. Электрометр 1 имеет положительный заряд, а электрометр 2 – отрицательный. 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. 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. 4. После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.	2

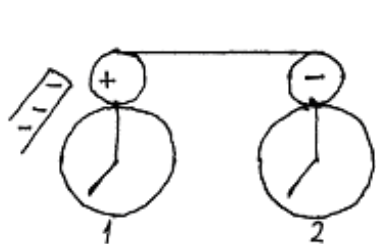
И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение,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

Работа 4.1 (3 балла)

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

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

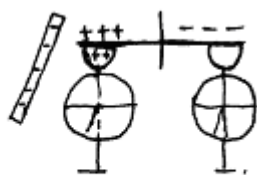
Работа 4.2 (2 балла)



Когда к первому электростатометру поднесли отрицательно заряженную палочку, заряд в системе перераспределился так, что левый шар оказался заряжен положительно (разноименные заряды притягиваются), а правый отрицательно (однаименные отталкиваются), при этом ~~не~~ модуль ^{зарядов} равен, т.к. изначально электростатометры 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 начнется индуцироваться положительный заряд по закону распределения зарядов.

2) Но т.к. стержень металлический и левая сторона будет заряжена положительно, т.к. стержень индуцирует ручку, но палочку, заряженную положительно, стержень перебежит 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 ^{стержня} начнется индуцироваться положительный заряд, а в правой отрицательно заряженный, убрав стержень, после этого, в левой стороне электроны уменьшаются количеством, начнется индуцироваться заряды, и он зарядится отрицательно, а в правой стороне уменьшаются количество отрицательно заряженных зарядов, тем самым правый электростатометр зарядится положительно.

4) 1 - электростатометр зарядится отрицательно.

2 - электростатометр зарядится 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. металл - это проводящий материал. Поэтому в тот момент, когда к первому электрометру поднесли палочку, несущую отрицательный заряд, то свободные электроны (-) палочки переместятся на стержень, соединяющий оба прибора. Этот стержень превратился в заряд и на соединяющий электрометр. Электроны (-) распространились равномерно, но есть по одинаковой численности катодов из приборов. Когда чистый стержень, то есть проводник, тогда показания этих приборов перемещаются.

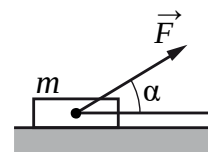
Так как палочка была заряжена отрицательно, а электрометр не имеет никакого заряда (то ли виден из первого пункта), то оба прибора после поднесения палочки стали отрицательно заряженными.

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

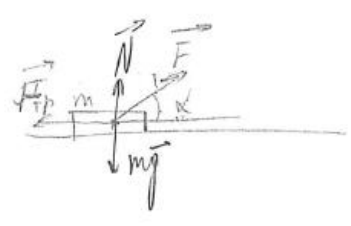
Задание 1

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 ?



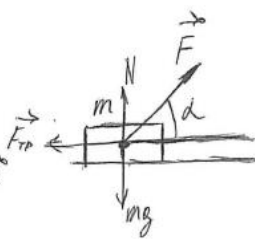
Возможное решение	
Запишем второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось: $0 = N - mg + F \sin \alpha$. Выражение для силы трения скольжения имеет вид $F_{\text{тр}} = \mu N$. Выполняя преобразования, получим: $F_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha)$. В итоге, искомая сила $F = \frac{\mu mg - F_{\text{тр}}}{\mu \sin \alpha} = \frac{0,2 \cdot 2 \cdot 10 - 2,8}{0,2 \cdot 0,5} = 12$ Н. Ответ: $F = 12$ Н	
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>второй закон Ньютона, формула для силы трения скольжения</i>); 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); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

Работа 1.1 (2 балла)

Дано: $m = 2 \text{ кг}$ $\alpha = 30^\circ$ $\mu = 0,2$ $F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н}$ $F = ?$	Решение: $N = \frac{F_{\text{тр}}}{\mu} = \frac{2,8}{0,2} = 14 \text{ Н}$ $N + F \sin \alpha - mg = 0$ $F \sin \alpha = mg - N$ $F \sin \alpha = mg - N$ $F = \frac{mg - N}{\sin \alpha} = \frac{2 \cdot 10 - 14}{0,5} = \frac{6}{0,5} = 12 \text{ Н}$ Ответ: 12 Н	
---	---	---

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)

Дано: $m = 2 \text{ кг}$ $\alpha = 30^\circ$ $\mu = 0,2$ $F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н}$ $F = ?$	$F_{\text{тр}} = \mu N$ $F_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha)$ $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F} = m\vec{a}$ ОХ: $F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = ma$ ОУ: $N = mg - F \sin \alpha$ $F_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha)$ $F_{\text{тр}} = \mu N$ $2,8 = 0,2 \cdot N = 14$ $N = mg - F \sin 30^\circ$ $F \sin 30^\circ = mg - N$ $F \sin 30^\circ = 6$ $F = 12$ Ответ: 12 Н	
---	--	---

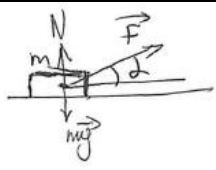
Приведено полное верное решение: записаны необходимые формулы, проведены преобразования и вычисления по действиям и дан верный ответ. Работа оценивается в 2 балла.

Работа 1.3 (1 балл)

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

 $F = ?$

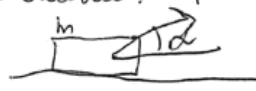
Решение:
 По II закону Ньютона
 $N + F \sin \alpha - mg = 0$
 $F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н} = \mu N$
~~Сила тяжести mg направлена вертикально вниз.~~
~~Сила реакции N направлена вертикально вверх.~~
~~Сила F направлена под углом α к горизонту.~~
 $F = \frac{mg - N}{\sin \alpha} = \frac{mg - F_{\text{тр}}/\mu}{\sin \alpha} = \frac{2 \cdot 10 - 2,8/0,2}{\sin 30^\circ} = 12 \text{ Н}$
 Ответ: 12 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)

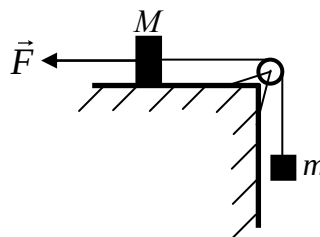
Дано:
 $m = 2$
 $\alpha = 30^\circ$
 $\mu = 0,2$
 $F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н}$
 Найти:
 F

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



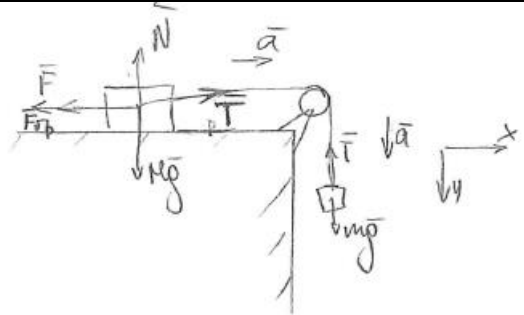
Возможное решение	
Грузы связаны лёгкой нерастяжимой нитью, а блок идеальный, следовательно, силы натяжения нити одинаковы и грузы движутся с одинаковыми ускорениями. Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную и вертикальную оси, направленные по направлению движения грузов: $Ma = T - F - F_{\text{тр}}$, $0 = N - Mg$ и $ma = mg - T$. Выражение для силы трения скольжения имеет вид $F_{\text{тр}} = \mu N$. Выполняя преобразования, получим $Ma = T - F - \mu Mg$, $ma = mg - T$. В итоге получим: $F = mg - \mu Mg - (M + m)a = 0,5 \cdot 10 - 0,2 \cdot 0,8 \cdot 10 - (0,8 + 0,5) \cdot 2 = 0,8 \text{ Н.}$ Ответ: $F = 0,8 \text{ Н}$	
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>второй закон Ньютона, формула для силы трения скольжения</i>); 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); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

Работа 2.1 (2 балла)

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

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

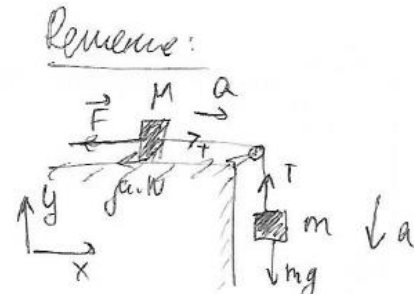
II тело:
 $mg - T = ma$
 $T = mg - ma = m(g - a) \quad (3)$
 $(2) \text{ и } (3) \rightarrow (1)$
 $m(g - a) - F - \mu Mg = Ma$
 $F = m(g - a) - M(\mu g + a)$
 $F = 0,5(10 - 2) - 0,8(0,2 \cdot 10 + 2) = 0,5 \cdot 8 - 0,8 \cdot 4 = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ Н}$
Ответ: 0,8 Н



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

Работа 2.2 (2 балла)

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

Решение:


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

На m :

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

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

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

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

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

Ответ: $0,8 \text{ (Н)}$

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

Работа 2.3 (1 балл)

Дано:

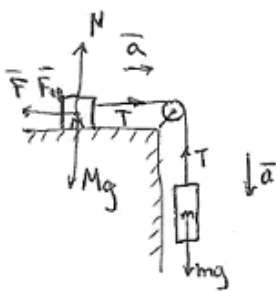
$$M = 0,8 \text{ кг}$$

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,2$$

$$a = 2 \text{ м/с}^2$$

$$F = ?$$



Спроектируем силы на ось (вз. Ньютона)

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

$$Ma + ma = mg - F - F_{\text{тр}}$$

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

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: Решение:

$$\mu = 0,8 \text{ кг}$$

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$a = 2 \text{ м/с}^2$$

$$\mu = 0,2$$

$$F = ?$$

$$\text{Тело } m: T + mg = ma \quad oy: mg - T = ma$$

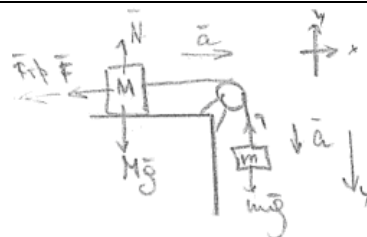
$$\text{Тело } M: F + N + Mg = ma \quad ox: T - F - F_{\text{тр}} = Ma$$

$$oy: N = Mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$$

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

Ответ: 4 Н .

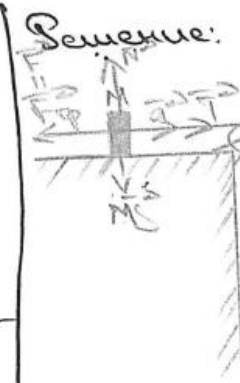


Представлены необходимые уравнения, получен верный ответ в общем виде, но допущены ошибка в записи второго закона Ньютона в векторной форме (оценена как лишняя запись), ошибка в вычислениях и числовом ответе. Работа оценивается в 1 балл.

Работа 2.5 (0 баллов)

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

Решение:



$\vec{N} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a}$
 $Ox: N - mg = ma$
 $Oy: N = mg$
 1) $N = 0,8 \cdot 10 = 8$
 2) $F_{\text{тр}} = \mu \cdot N = 0,2 \cdot 8 = 1,6$
Ответ: 1,6.

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

Работа 2.6 (0 баллов)

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

Решение:



тело m
 по 2-му закону Ньютона
 $Oy: T = mg + ma$
 тело M
 $m\vec{g} + \vec{F} + \vec{T} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$
 $Ox: F - T + F_{\text{тр}} = Ma$
 $Oy: N = Mg$
 $T = 5 + 1 = 6 \text{ Н}$ т.к. нить нерастяжима $\Rightarrow T_1 = T_2$
 $F = 1,6 + M \cdot N + 6$
 $N = Mg$
 $F = 1,6 + 0,2 \cdot 8 + 6 = 8 \text{ Н}$
Ответ: 8 Н.

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

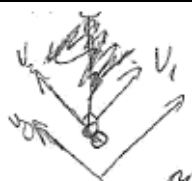
Задание 3

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

Возможное решение	
Запишем закон сохранения импульса для двух взаимодействующих шариков: $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$. Поскольку скорости шариков перед ударом были направлены взаимно перпендикулярно, то импульсы шариков математически связаны теоремой Пифагора: $(mv_1)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2$. Так как по условию $v_1 = 2v_2$, то $(2mv_2)^2 + (mv_2)^2 = (2mv)^2 \Rightarrow 5(mv_2)^2 = 4(mv)^2$. В результате получим: $v_2 = 2v / \sqrt{5} = 2 \cdot 1,5 / \sqrt{5} \approx 1,34$ м/с. Ответ: $v_2 \approx 1,34$ м/с	
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: <u>закон сохранения импульса</u>); 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); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

Работа 3.1 (2 балла)

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

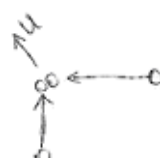


Введем о.к. $\parallel \vec{V}_1$; о.у. $\parallel \vec{V}_2$
 По 3СК: $m\vec{V}_2 + m\vec{V}_1 = 2m\vec{V}_2'$, где V_2' — скор.
 после столкн.
 $\Rightarrow \vec{V}_2 + \vec{V}_1 = 2\vec{V}_2'$, т.к. $\vec{V}_2 \perp \vec{V}_1$, то $V_2^2 + V_1^2 = 4V_2'^2 \Rightarrow$
 $V_2 = \sqrt{4V_2'^2 - V_1^2} \Rightarrow V_2^2 + 4V_2^2 = 4V_2'^2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow V_2 = 2V_2' \sqrt{\frac{1}{5}} = 3 \sqrt{\frac{1}{5}} = 1,3 \text{ (м/с)}$
 Ответ: $V_2 = 1,3 \text{ м/с}$

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

Работа 3.2 (1 балл)

Дано:
 $m_1 = m_2$
 $v_1 = v_2$
 $U = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 Найти:
 $v_1 = ?$



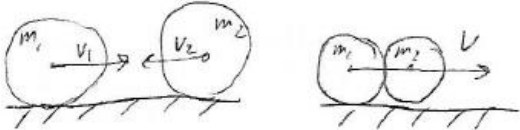
$p = mV \quad \Delta \vec{p} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$
 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = U (m_1 + m_2)$
 $m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) U_x$
 $m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y} = (m_1 + m_2) U_y$
 $v_{1x} = v_1 \quad v_{2x} = 0 \quad v_{1y} = 0 \quad v_{2y} = v_1$
 $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) U_x$
 $m_2 v_2 = (m_1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

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

Работа 3.3 (0 баллов)

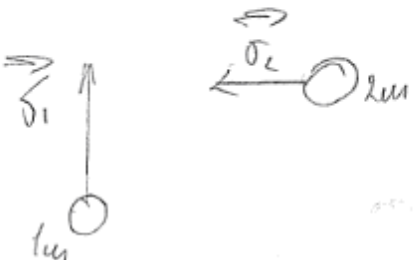
Дано:
 $m_1 = m_2$
 $V_1 = 2V_2$
 $V = 1,5 \text{ м/с}$
 Найти:
 $V_2 = ?$

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



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

Работа 3.4 (0 баллов)



Дано:
 $v_1 = 2v_2$
 $v_1^2 = 4v_2^2 + v_2'^2 = 5v_2'^2$
 $v = \sqrt{5} v_2'$
 $1,5 = \sqrt{5} v_2'$
 $v_2' = \frac{1,5}{\sqrt{5}} = \frac{3}{2\sqrt{5}} \text{ м/с}$

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

Задание 4

Фототок с литиевого фотокатода, освещаемого монохроматическим излучением с длиной волны λ_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 λ_0 .

Возможное решение	
1. Для решения задачи воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта, в котором энергию фотона запишем с помощью формулы Планка: $h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + eU_{\text{зап}},$ где $U_{\text{зап}}$ – модуль запирающего напряжения. 2. Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта для обоих случаев: $h \frac{c}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + eU_{\text{зап}};$ $h \frac{1,5c}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + 2eU_{\text{зап}},$ 4. Исключая из системы $eU_{\text{зап}}$, получим: $h \frac{0,5c}{\lambda_0} = A_{\text{вых}}$, откуда: $\lambda_0 = h \frac{0,5c}{A_{\text{вых}}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \frac{0,5 \cdot 3 \cdot 10^8}{2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 259 \text{ нм.}$ Ответ: $\lambda_0 \approx 259 \text{ нм}$	
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>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, формула Планка</i>); 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); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

Работа 4.1 (2 балла)

Дано:

$$A_{\text{вых}} = 2,399 \text{ В}$$

$$U_2 = 2 U_1$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

Найти:

$$\lambda_0 = ?$$

Решение:

1) Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$E_{\text{ф}} = A_{\text{вых}} + E_k$$

2) $E_{\text{ф}} = h\nu$, $\frac{c}{\nu} = \lambda$ ~~$E_{\text{ф}} = \nu = \frac{c}{\lambda}$~~ , $E_{\text{ф}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_k$$

3) При запирающем напряжении фототок прекращается $\Rightarrow E_k = e \cdot U_3$

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + e \cdot U_3$$

$\frac{h \cdot c}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + e \cdot U_{31}$
 $e \cdot U_{31} = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} - A_{\text{вых}}$

4) Запирающее напряжение увеличилось, значит ~~увеличилась~~ уменьшилась энергия фотонов, уменьшилась длина волны $\lambda' = \frac{\lambda_0}{1,5}$ — длина волны после изменения

5) $\frac{h \cdot c \cdot 1,5}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + e \cdot U_{32}$

$$\frac{h \cdot c \cdot 1,5}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + e \cdot 2 \cdot U_{31}$$

$$\frac{h \cdot c \cdot 1,5}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + 2 \left(\frac{h \cdot c}{\lambda_0} - A_{\text{вых}} \right)$$

$1,5 \frac{h \cdot c}{\lambda_0} = \frac{2 \cdot h \cdot c}{\lambda_0} - A_{\text{вых}}$

$A_{\text{вых}} = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} \cdot 0,5$

$$\lambda_0 = \frac{h \cdot c \cdot 0,5}{A_{\text{вых}}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5}{2,399 \text{ В} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}$$

$$= \cancel{2,59 \cdot 10^{-7}} \cdot 2,59 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 259 \text{ нм}$$

Ответ: $\lambda_0 = 259 \text{ нм}$

Приведено полностью верное решение. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 4.2 (1 балл)

$$\begin{array}{l}
 A_{\text{вых}} = 2,39 \text{ В} \\
 U_2 = 2U_1 \\
 \lambda_2 = \frac{2}{3} \lambda_0 \\
 \hline
 \lambda_0 = ?
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \text{Для первого случая:} \\
 \frac{hc}{\lambda_0} = eU_1 + A_{\text{вых}} \\
 \text{Для второго:} \quad \frac{hc}{\lambda_2} = eU_2 + A_{\text{вых}} \\
 \text{т.к. } U_2 > U_1, \text{ то } eU_2 + A_{\text{вых}} > \\
 > eU_1 + A_{\text{вых}} \quad \text{и} \quad \frac{hc}{\lambda_2} > \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \lambda_2 < \lambda_0 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{2}{3} \lambda_0.
 \end{array}$$

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

$$\lambda_0 = \frac{hc}{2A_{\text{вых}}} \approx 260 \text{ нм}$$

ответ: $\lambda_0 \approx 260 \text{ нм}$

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

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

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

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

Решим сис уравнений для нахождения λ_0 подставив во второе выражение вместо eU_3

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

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

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

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

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

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

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)

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

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

$$\frac{hc}{\lambda_0} = e|q|U_{\text{зоп}} + A_{\text{вых}} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_0 = \frac{hc}{U_{\text{зоп}}|q| + A_{\text{вых}}} \\ \lambda_0 = \frac{hc}{3U_{\text{зоп}}|q| + 1,5A_{\text{вых}}} \end{cases}$$

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

$$E_c = \frac{1}{4} A_{\text{вых}}$$

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

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

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 λ_0 в 1,5 раз U_z пришлось увеличиться, но можно сделать вывод, что λ_0 уменьшился в 1,5 раз)

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

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

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

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

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

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

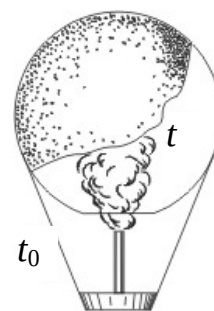
Ответ: $2,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

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

3.3. Примеры оценивания ответов на задания 27–29

Задание 1

Воздушный шар, оболочка которого имеет массу $M = 145$ кг и объём $V = 230$ м³, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



Возможное решение	
Условие подъёма шара: $F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg$, где M – масса оболочки, m – масса воздуха внутри оболочки, отсюда $\rho_0 g V \geq Mg + \rho g V \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V$, Где ρ_0 – плотность окружающего воздуха, ρ – плотность воздуха внутри оболочки, V – объём шара. Для воздуха внутри шара находим: $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R$, или $\frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho$, где p – атмосферное давление, T – температура воздуха внутри шара. Соответственно, имеем плотность воздуха снаружи: $\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}$, где T_0 – температура окружающего воздуха. $\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{\min}} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{T_0} - \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V},$ $T_{\min} = T_0 \frac{p \mu V}{p \mu V - M R T_0} = 273 \cdot \frac{10^5 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \cdot 230}{10^5 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \cdot 230 - 145 \cdot 8,31 \cdot 273} \approx 538 \text{ К} = 265^\circ\text{C}.$ Ответ: $t = 265^\circ\text{C}$	
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>выражение для силы Архимеда, связь массы и плотности, уравнение Менделеева – Клапейрона</i>); 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); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, 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	2

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

Работа 1.1 (3 балла)

Дано:

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

Считая, что объем оболочки пренебрежимо мал, пишем уравнения равновесия шара в момент подъема шара:

$$N_g + m_1 g = m_2 g$$

$$N + m_1 = m_2$$

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

$$P \cdot V = \frac{m_1 \cdot R \cdot T}{M_1} ; \quad m_1 = \frac{P V M_1}{R T} ; \quad P V = \frac{m_2 \cdot R T_0}{M_2}$$

$$m_2 = \frac{P V M_2}{R T_0}$$

$$\frac{M + P V M_1}{R T} = \frac{P V M_2}{R T_0}$$

$$T = \frac{P V M_2}{R \left(\frac{P V M_1}{R T_0} + M \right)} = \frac{P V M_2 \cdot T_0}{P V M_2 - T_0 \cdot M \cdot R}$$

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

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

Ответ: $t = 266^\circ \text{C}$.

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

Работа 1.2 (2 балла)

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

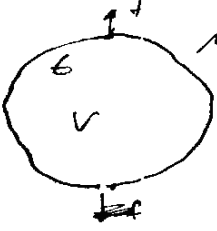
$$P V = \frac{m}{M} R T \Rightarrow m = \frac{P V M}{R T} ; \quad \rho = \frac{P M}{R T_0}$$

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

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

$$Mg = f_A + f_b, \quad f_A = \rho \cdot g \cdot V$$
~~$$\rho_0 = \frac{p_0 R T}{V} = \frac{\rho \cdot R \cdot T_0}{M_0}$$~~

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

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

Верно записаны два исходных уравнения. В условии равновесия для воздушного шара допущена ошибка. 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)

$M = 145 \text{ кг}$
 $V = 230 \text{ м}^3$
 $p_A, T_0 = 273^\circ \text{K}$
 $t = ?$


 $m \vec{g} = m \vec{g} + \vec{F}_A$ $\vec{x}: m \ddot{x} = mg - F_A$
 $m \ddot{x} = mg - \rho \cdot g \cdot V$

$\vec{x} = 0$ (ускорение = 0)
 $mg = \rho \cdot g \cdot V$ $\boxed{\rho = \frac{m}{V}} \quad (1)$

$pV = \nu RT$
 $\rho M = \rho_0 R T_0$ - при $T = 0^\circ \text{C}$
 ρ_0 - плотность при $T = 0^\circ \text{C}$ и $p = 10^5 \text{ Па}$
 $\frac{\rho M}{R} = \rho_0 T_0$ $\frac{\rho M}{R} = \rho T_1$
 $\rho_0 T_0 = \rho T_1$
 $(2) \quad \boxed{\rho_1 = \frac{\rho_0 T_0}{T_1}}$ - плотность воздуха при $T = T_1$

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

$\rho M = \rho_0 R T_0$
 $\boxed{\rho_0 = \frac{\rho M}{R T_0}} \quad (3)$

$T_1 = \frac{\rho_0 M V_0}{R m}$
 $\frac{M}{V} = \frac{\rho_0 M}{R T_0} \cdot \frac{T_0 V_0}{m}$
 $T_1 = \frac{10^5 \cdot 230 \cdot 10^{-3} \cdot 230}{8,31 \cdot 145} = \frac{6670 \cdot 10^2}{1285} \approx 430^\circ \text{K}$

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)

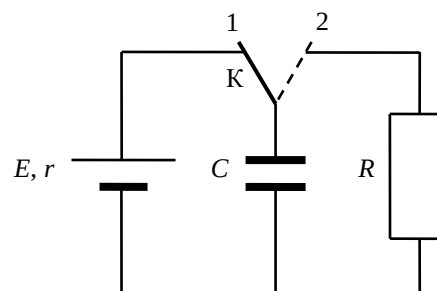
$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow T = \frac{p \cdot V}{R \cdot \frac{m}{M}} = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot m}$$
$$T = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 230 \text{ м}^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 145 \text{ кг}} = \frac{7360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

Ответ: 338°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	
1. К моменту $t_0 = 0$ конденсатор полностью заряжен, ток в левой части схемы (см. рисунок) равен нулю, поэтому напряжение между обкладками конденсатора равно ЭДС E, энергия конденсатора $W_0 = \frac{CE^2}{2}$. 2. В момент $t > 0$ напряжение на конденсаторе U равно напряжению IR на резисторе в правой части схемы (см. рисунок). В этот момент энергия конденсатора $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2}$. 3. Пренебрегая потерями на излучение, получаем баланс энергии: $W_0 = W + Q$, или $\frac{CE^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2} + Q$, откуда $R = \frac{1}{I} \sqrt{E^2 - \frac{2Q}{C}} = \frac{1}{10^{-4}} \sqrt{15^2 - \frac{2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6}}} = 100 \text{ кОм}$ Ответ: $R = 100 \text{ кОм}$	
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: <u>закон Ома для участка цепи, формула для энергии конденсатора, закон сохранения энергии</u>); 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); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, 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.	2

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

Работа 2.1 (3 балла)

$t=0$ конденсатор заряжен.

В момент переключения $\rightarrow$ конденсатор начинает разряжаться, на резистор падает ток, рт конденсатор

$Q = 15 \text{ мкКл}$ $| W_{K1} = \frac{C E^2}{2}$ - заряд конденсатор

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

$E = 15 \text{ В}$ по закону сохранения энергии.

$C = 0,4 \text{ мкФ}$ $| W_{K2} = Q + W_{K1}$ $| U^2 = \frac{2 \cdot 96 \cdot 10^{-6} \cdot 15^2 - 2 \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 10^{-6}} = \frac{40}{0,4} = 100$

$R = 7 \text{ Ом}$ $| \frac{C E^2}{2} = Q + \frac{C U^2}{2}$ $| U = 10$

$0,7 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ $| U^2 = \frac{2 \cdot (C E^2 - Q)}{C}$ $| I = \frac{U}{R}$ $R = \frac{U}{I} = \frac{10}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 10^5$

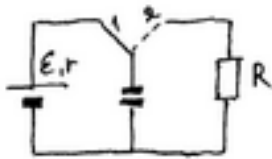
Полностью верное решение задачи. Работа оценивается 3 баллами.

Работа 2.2 (3 балла)

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

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

Работа 2.3 (2 балла)

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

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 - ?

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

1) Т.к. до момента переключения было в положении 2, то в момент переключения 1, то конденсатор заряжен, $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$, т.к. $C=U$

2) После переключения было в положении 2, как было до цепи, и конденсатор выключен из цепи, то формула 1 будет тем же.

3) В положении было 1, $I = \frac{E}{R+r}$; $I = \frac{E}{R}$, т.к. R нет, $I = \frac{E}{r} = 0,5 \text{ А}$
 В положении 2 $I = 0,1 \text{ А}$
 $Q = I^2 R \cdot t$, где Q - заряд, R - сопротивление, 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
 $R = \sqrt{\frac{CE^2}{C I^2}} ; R = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 10^{-9} \cdot 2,25}{(0,1)^2}} = 150 (\text{Ом})$
 Ответ: $R = 150 \text{ Ом}$

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

Работа 2.5 (0 баллов)

Дано:
 $Q = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$
 $I_1 = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$
 $E = 15 \text{ В}$
 $r = 30 \text{ Ом}$
 $C = 0,4 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$

Решение

1) $C = U_1 I_1$ $I_1 = \frac{Q}{t}$ $U = I_1 R$ $C = U_1 I_1 t$ $t = \frac{C}{U_1 I_1}$
 $Q = I_1^2 R t$ $R = \frac{Q}{I_1^2 t}$ $R = \frac{U_1 C}{I_1^2}$ U_1, I_1 - что и как в формуле 1
 U_2, I_2 - что и как в формуле 2
 R_2 - сопротивление конденсатора

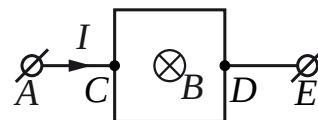
$U = I_1 R$ $\frac{U}{R_2} = \frac{E}{R_2 + r}$ $U = \frac{E R_2}{R_2 + r}$
 $R = \frac{E R_2 C}{I_1^2 (R_2 + r)}$

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.



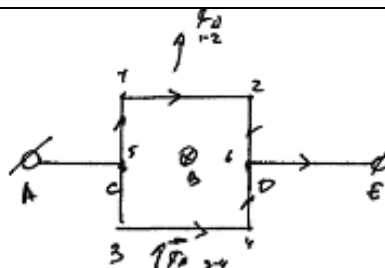
Возможное решение	
1. В точке C ток I разделяется на два одинаковых по силе тока: $I_1 = \frac{I}{2}$, так как сопротивление обеих половин рамки одинаково. 2. На каждый из участков прямого провода действует своя сила Ампера, перпендикулярная направлению тока и вектору магнитной индукции. Направление силы Ампера, действующей на проводник с током, определим по правилу левой руки (см. рисунок). 3. Так как $F_A = I_1 B l$, где l – длина проводника, то силы, действующие на вертикальные стороны рамки, компенсируют друг друга, а силы, действующие на горизонтальные стороны, складываются, так как они сонаправлены друг другу. 4. Окончательно получим: $F = 2F_A = 2 \cdot \frac{I}{2} B L = I B L = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,04$ Н, где L – длина стороны рамки. Ответ: $F = 0,04$ Н	
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: <u>формула для силы Ампера, правило левой руки, принцип суперпозиции сил</u>); II) сделан правильный рисунок, на котором указаны силы, действующие на рамку; 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); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) 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 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.	2

Работа 3.2 (2балла)

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

$$F_A = IBL \cdot \sin \alpha$$

т.к. $B \perp$, то $\sin \alpha = 1$



Определим F_A для каждого участка по формуле левой руки:

для 1-2: $\vec{F}_A \uparrow$ | 1-5: $\vec{F}_1 \leftarrow$ | из вершины
 3-4: $\vec{F}_A \uparrow$ | 5-3: $\vec{F}_1 \rightarrow$ | из середины
 2-6: $\vec{F}_A \rightarrow$ | 6-4: $\vec{F}_1 \leftarrow$ | из вершины
 $\vec{F}_A \uparrow \leftarrow \vec{F}_1 \rightarrow$

т.к. стороны рамки имеют равные сопротивления, то сила тока

в точке С делится поровну и $I_{1-2} = I_{3-4} = 1 \text{ А}$

$\vec{F}_A = \vec{F}_{A1-2} + \vec{F}_{A3-4}$. т.к. ток течет в одном направлении, следовательно, а $B = \text{const}$, то $F_{A1-2} = F_{A3-4}$.

Тогда $\vec{F}_{A \text{ всего}} = 2 \vec{F}_{A1-2} = 2 \cdot IBL = 2 \cdot 2 \cdot 0,2 \text{ Тл} \cdot 0,1 \text{ м} =$
 $= 0,04 \text{ Н.}$

Ответ: $F_A = 0,04 \text{ Н.}$

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

Работа 3.3 (2 балла)

<u>Дано:</u> $l = 0,1 \text{ м};$ $I = 2 \text{ А};$ $B = 0,2 \text{ Тл};$ <u>Найти:</u> F_A	<u>Решение:</u> П.к. соприкосновения проводов одинаково, но при повороте к точке C ток пойдет и по верхнему, и по нижнему обходу. П.к. провода соединены параллельно, то можем записать: $IR = I_1 R + I_2 R; I = I_1 + I_2$, но $I_1 = I_2$ (одинаковые проводники сверху и снизу), $I_1 = \frac{I}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ А};$ На проводник с током, находящийся в магнитном поле, действует сила Ампера, которая равна: $F_A = I B l$, где l — длина участка проводника. По правилу левой руки определим направление силы Ампера, действующей на разные участки витка и отметим их направление на рисунке. Сила 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.) Рассмотрим участки AB и EF: сила Ампера в двух случаях направлена вверх по плоскости рисунка, следовательно сила Ампера, действующая на весь контур, равна: $F = F_{AB} + F_{EF};$ $F = I_{AB} \cdot B \cdot l + I_{EF} \cdot B \cdot l$; Также, как было сказано ранее, равны, следовательно $F = I_{AB} \cdot B \cdot l \cdot 2 =$ $= \frac{I}{2} \cdot B \cdot l \cdot 2 = I B l; F = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 0,04 \text{ А}.$ <u>Ответ:</u> 0,04 А
--	--

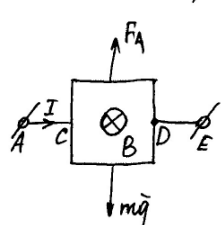
Приведено верное решение задачи и получен верный ответ, но дважды записана неверная единица для силы. Работа оценивается в 2 балла по критерию ошибки в числовом ответе.

Работа 3.4 (1 балл)

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

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

Работа 3.5 (0 баллов)

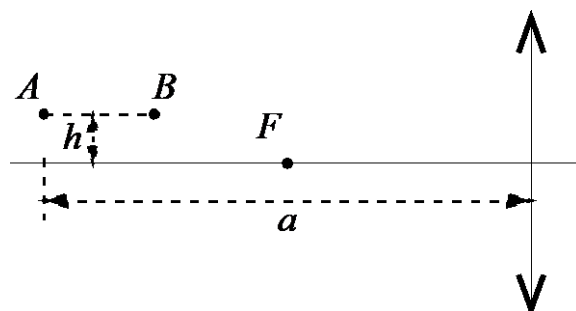
Дано: $L = 10 \text{ см}$ $I = 2 \text{ А}$ $B = 0,2 \text{ Тл}$ $F_A = ?$	СИ $0,1 \text{ м}$	Решение: $\vec{F}_A = I \vec{B} \vec{l} \sin \alpha$ Т.к. $\alpha = 90^\circ$, то $\sin 90^\circ = 1$, тогда $F_A = I B l$ Т.к. рамка квадратная, то $l = 4L$ $F_A = 4 I B L$ $F_A = 4 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot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

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). Конеч 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	
1. Построение изображения $A'B'$ предмета AB в линзе показано на рисунке. 2. Так как точка A находится на расстоянии $2F$ от линзы, то её изображение A' также находится на расстоянии $2F$ от линзы, и расстояние от точки A' до главной оптической оси равно h. 3. Длина изображения $A'B'$ $L = \sqrt{(OC - 2F)^2 + (B'C - h)^2}.$ 4. Из формулы тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{2F - l} + \frac{1}{OC} \text{ получим: } OC = \frac{F(2F - l)}{F - l} = 60 \text{ см.}$ 5. $\frac{B'C}{h} = \frac{OC}{2F - l}$, откуда: $B'C = h \frac{OC}{2F - l} = 30 \text{ см.}$ 6. Окончательно получим: $L = \sqrt{(20)^2 + (15)^2} = \sqrt{625} = 25 \text{ см.}$ Ответ: $L = 25 \text{ см}$	
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: <u>формула линзы, выражение для длины изображения</u>); II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе; 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); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) 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.	2

Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
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. ИЛИ Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

Работа 4.1 (3 балла)

Дано:

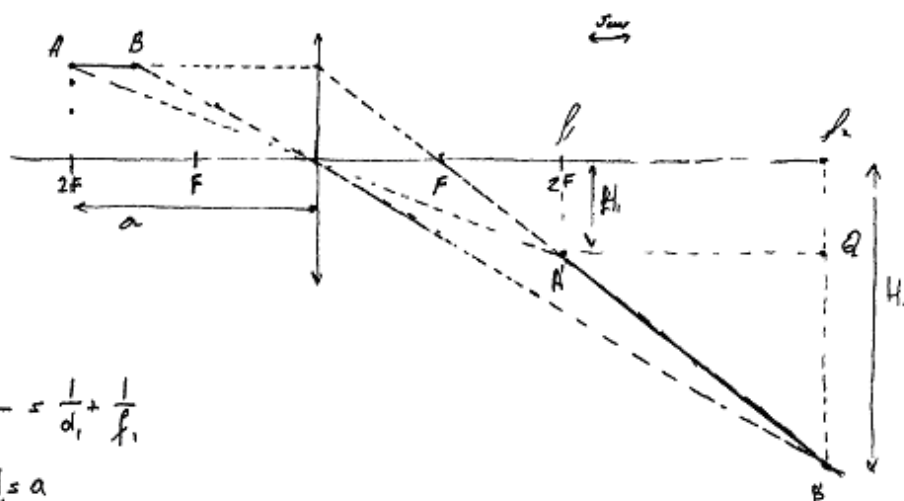
$$l = 0,1 \text{ м}$$

$$h = 0,15 \text{ м}$$

$$a = 0,4 \text{ м}$$

$$F = 0,2 \text{ м}$$

$L = ?$



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.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_2} \\ d_1 = a - l \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{F} = \frac{1}{a-l} + \frac{1}{f_2} \\ d_2 = a - l \end{array} \right.$$

$$f_2 = \frac{F(a-l)}{(a-l)-F} = \frac{0,06}{0,2} = 0,3 \text{ м}$$

$$\frac{H_2}{h_1} = \frac{f_2}{d_1} \Leftrightarrow H_2 = h_1 \cdot \frac{f_2}{d_1} = 0,3 \text{ м}$$

ΔA'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 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:
 $F = 0,2 \text{ м}$
 $L = 0,6 \text{ м}$
 $h = 0,15 \text{ м}$
 $a = 0,4 \text{ м}$

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

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

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

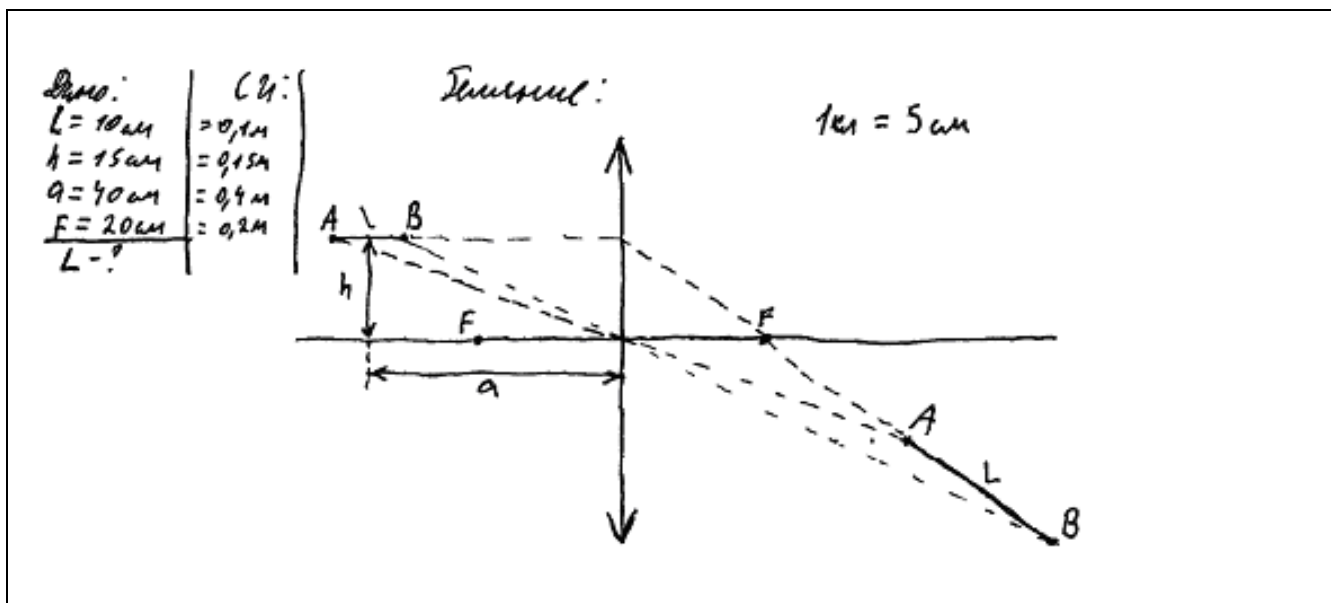
3.) $\angle A'A'' = H$ $\frac{H}{h} = \frac{b}{a} = \frac{0,4}{0,4} = 1 \Rightarrow H = h = 0,15 \text{ м}$

4.) $B'B'' = H'$
 $\frac{H'}{h} = \frac{b'}{a'} = \frac{0,6}{0,3} = 2 \Rightarrow \frac{H'}{h} = \frac{2}{1} \Rightarrow H' = 2h = 0,3 \text{ м.}$

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' $A'M = A''B'' = 0,2 \text{ м}$
 из $\triangle A'MB'$ - прямоугольный $A'B' = \sqrt{A'M^2 + MB'^2} = \sqrt{(0,2)^2 + (B'B'' - A'A'')^2}$
 $= \sqrt{(0,2)^2 + (B'B'' - A'A'')^2} = \sqrt{(0,2)^2 + (0,3 - 0,15)^2} = \sqrt{(0,2)^2 + 0,15^2} = \sqrt{0,04 + 0,0225} =$
 $= \sqrt{0,0625} \approx 0,25 \text{ м.} \approx L$
 Ответ: $L = 0,25 \text{ м.}$

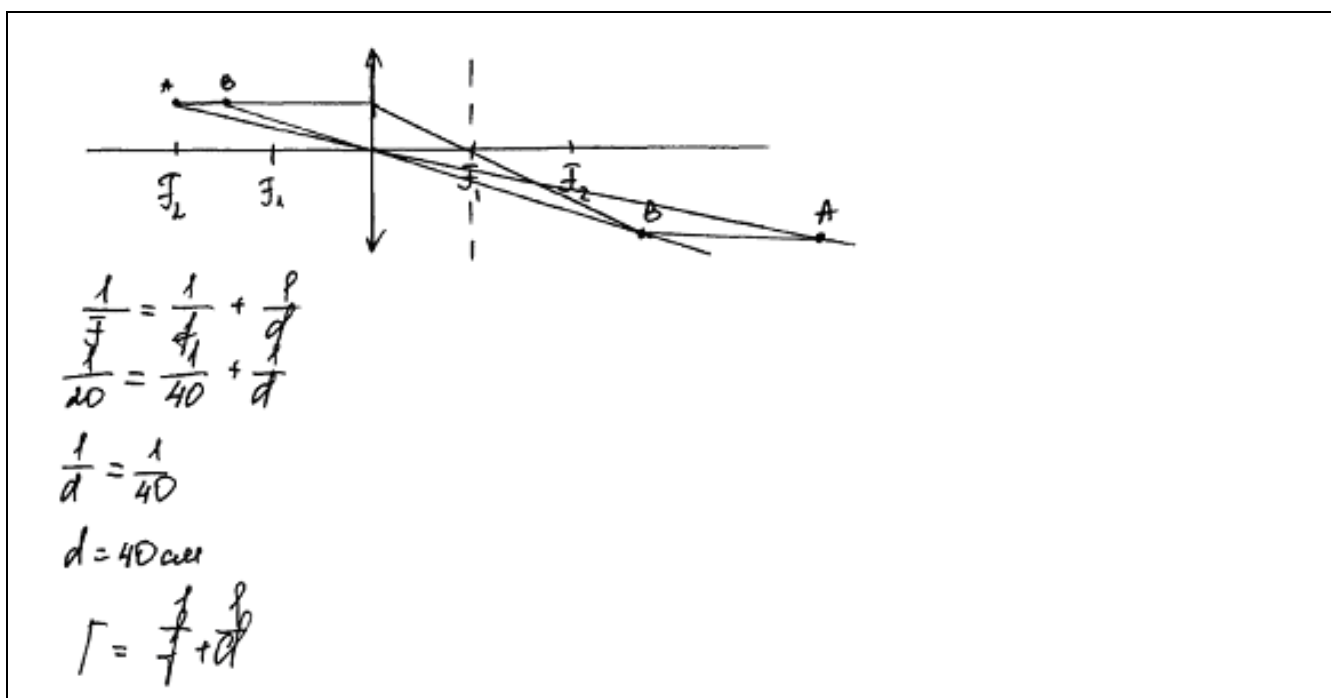
Сделан верный рисунок с построением изображения предмета в линзе, введены необходимые обозначения, проведены необходимые преобразования, но в вычислениях допущена ошибка. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 4.3 (1 балл)



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)



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

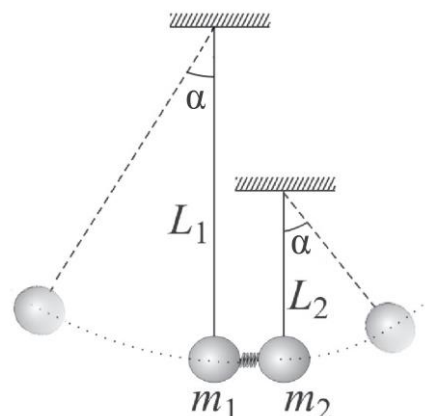
Задание 1

Два шарика подвешены на вертикальных тонких нитях так, что они находятся на одной высоте. Между шариками находится сжатая и связанная нитью пружина. При пережигании связывающей нити пружина распрямляется, расталкивает шарика и падает вниз.

В результате нити отклоняются в разные стороны на одинаковые углы. Во сколько раз одна нить длиннее

другой, если отношение масс $\frac{m_2}{m_1} = 1,5$? Считать величину

сжатия пружины во много раз меньше длин нитей.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.

Возможное решение

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Шарика имеют малые размеры по сравнению с длиной нити, поэтому описываем их моделью материальной точки.
3. При пережигании нити пружина толкает оба шарика, действуя на шарика внутренней силой – силой упругости, все внешние силы, действующие на систему двух шариков, направлены вертикально (силы тяжести и натяжения нитей). Масса пружины во много раз меньше массы шариков, поэтому изменением импульса пружины можно пренебречь. Все вышеперечисленные причины не влияют на изменение горизонтальной проекции импульса системы шариков, следовательно, систему шариков в горизонтальном направлении можно считать замкнутой и возможно применение закона сохранения импульса.
4. В процессе движения каждого шарика на нити к верхней точке своей траектории на каждый из них действуют сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити $\vec{T}$.

Изменение механической энергии шариков в ИСО равно работе всех непотенциальных сил, приложенных к телу. В данной случае единственной такой силой является сила натяжения нити $\vec{T}$. В каждой точке траектории $\vec{T} \perp \vec{v}$, где $\vec{v}$ – скорость шарика, поэтому работа силы $\vec{T}$ равна нулю, а механическая энергия каждого шарика на этом участке его движения сохраняется.

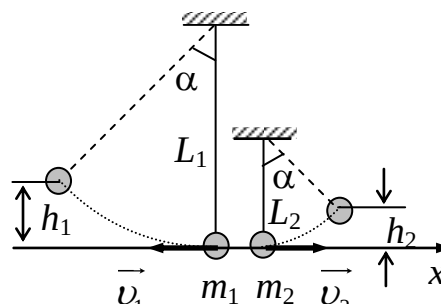
Решение

После пережигания нити пружина распрямится, сообщая шарикам начальные скорости $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$.

Запишем закон сохранения импульса в проекциях на ось x (см. рисунок):

$$0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2.$$

Для описания дальнейшего движения каждого шарика воспользуемся законом сохранения полной механической энергии:



$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h_1 = m_1 g L_1 (1 - \cos \alpha),$$

$$\frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g h_2 = m_2 g L_2 (1 - \cos \alpha).$$

Поделив эти равенства друг на друга почленно, получим:

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2.$$

Из закона сохранения импульса следует, что $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$.

Поэтому:

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{m_2}{m_1} \right)^2 = 1,5^2 = 2,25.$$

Ответ: $\frac{L_1}{L_2} = 2,25$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор инерциальной системы отсчета, модель материальной точки, условие применимости законов сохранения импульса и механической энергии</i>	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения импульса, закон сохранения полной механической энергии для каждого из двух шариков</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) проведены 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 имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.	2

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)	
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
Максимальный балл	4

Обоснование

1. Будем рассматривать движение шариков в системе отсчета, связанной с Землей, которую можно считать инерциальной, т.е. ИСО. По условию задачи по сравнению с длиной нити шарик имеет малые размеры, поэтому описываем их моделью материальной точки.
2. При пережатии нити пружина толкает оба шарика, действуя на шарики внутренней силой - силой упругости, а силы тяжести и напряжения нитей, все внешние ~~силы~~, действующие на систему двух шариков, направлены вертикально. По условию задачи масса пружины во много раз меньше массы шариков, поэтому изменением импульса самой пружины можно пренебречь. Все выше перечисленные причины не влияют на изменение горизонтальной проекции импульса системы шариков, следовательно, систему шариков в горизонтальном направлении можно считать замкнутой, следовательно, возможно применение закона сохранения импульса.
3. В процессе движения каждого шарика на нити к верхней точке своей траектории, на каждый из них действует сила тяжести и сила напряжения нити. Изменение механической энергии шариков в ИСО равно работе всех непотенциальных сил, приложенных к телу. В данном случае единственной такой силой является сила напряжения нити. В каждой точке траектории эта сила перпендикулярна скорости движения, поэтому работа этой силы на всей траектории равна нулю, следовательно, механическая энергия каждого шарика на этом участке его движения сохраняется.

$L_1 = L_2 = L$ m_1, m_2 $\frac{m_2}{m_1} = 1,5$ L_1, L_2
$\frac{L_1}{L_2} = ?$

Фрунтана распределится $\Rightarrow$ толкает шарик $\Rightarrow$ шарик
 начинает двигаться по
 окружности, радиусом ко-
 торых L_1 и L_2 соответственно.
 Первый шарик поднимается
 на высоту $h_1 = L_2 - L_1 \cos L = L_1$
 $(1 - \cos L)$

$$h_2 = L_2 - L_2 \cos L = L_2$$

$$(1 - \cos L)$$

ЗСМ (закон сохранения импульса): $m_1 v_1 = m_2 v_2$

$$m_1^2 v_1^2 = m_2^2 v_2^2$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{m_2^2}{m_1^2} = 1,5^2 = 2,25$$

$$E_{k1} = E_{n1} \Rightarrow \frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h_1; E_{k2} = E_{n2} \Rightarrow \frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g h_2;$$

$$v_1^2 = 2 g h_1; \quad v_2^2 = 2 g h_2;$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{m_2^2}{m_1^2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 2,25; \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{L_1 (1 - \cos L)}{L_2 (1 - \cos L)} = \frac{L_1}{L_2};$$

$$\text{м.к. } \left. \frac{h_1}{h_2} = 2,25 \quad \text{и} \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{L_1}{L_2} \right\} \Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = 2,25$$

Ответ: 2,25

Приведено полностью верное обоснование. В соответствии с критерием 1 – 1 балл. Приведено полностью верное решение. В соответствии с критерием 2 – 3 балла. Работа оценивается 4 баллами.

Работа 1.2 (3 балла)

Обоснование:

- 1) Будем рассматривать движение шариков в системе отсчёта, связанной с Землёй, которую можно считать инерциальной, т.е. ИСО.
- 2) По условию задачи по сравнению с длиной нити шарик имеют малые размеры, поэтому описываем их моделью материальной точки.
- 3) В процессе движения каждого шарика на нити к верхней точке своей траектории, на них действуют сила тяжести и сила натяжения нити. Изменение механической энергии шариков в ИСО равно работе всех потенциальных сил, приложенных к телу. В данном случае единственной такой силой является сила натяжения нити. В каждой точке траектории эта сила перпендикулярна скорости движения, поэтому работа этой силы на всей траектории равна нулю, следовательно механическая энергия каждого шарика на этом участке его движения сохраняется.

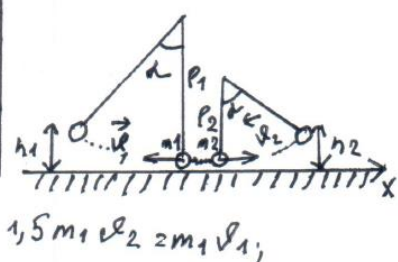
Дано:

$$h_{01} = h_{02}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = 1,5$$

$$\frac{L_1}{L_2} = ?$$

Решение:



$$1,5 m_1 v_2 = m_1 v_1;$$

По Закону сохранения импульса:

$$p_{до} = p_{после}$$

$$0 = m_2 v_2 - m_1 v_1; m_2 v_2 = m_1 v_1 (1)$$

$$m_2 = 1,5 m_1 - \text{по условию (2);}$$

Подставим (2) в (1):

$$v_1 = 1,5 v_2 (3)$$

По закону сохранения энергии:

$$E_{до} = E_{после}, E_{k1} = E_{п1}; E_{k2} = E_{п2};$$

$$E_{k1} = \frac{m_1 v_1^2}{2}; E_{k2} = \frac{m_2 v_2^2}{2}; h_1 = l_1 (1 - \cos \alpha);$$

$$E_{п1} = m_1 g h_1; E_{п2} = m_2 g h_2; h_2 = l_2 (1 - \cos \alpha);$$

$$\begin{cases} \frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g l_1 (1 - \cos \alpha), \\ \frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g l_2 (1 - \cos \alpha), \end{cases} \begin{cases} v_1^2 = 2 g l_1 (1 - \cos \alpha), \\ v_2^2 = 2 g l_2 (1 - \cos \alpha); \end{cases} \frac{l_1}{l_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} (4)$$

Подставим (3) в (4):

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{1,5^2 \cdot v_2^2}{v_2^2}; \frac{l_1}{l_2} = 1,5^2; \frac{l_1}{l_2} = 2,25.$$

Ответ: первая нить в 2,25 раза длиннее второй.

Обоснование возможности применения законов представлено не в полном объеме: отсутствуют рассуждения о справедливости закона сохранения импульса. В соответствии с критерием 1 – 0 баллов. Приведено полностью верное решение. В соответствии с критерием 2 – 3 балла. Работа оценивается 3 баллами.

Работа 1.3 (2 балла)

Обоснование

1. Будем рассматривать движение шариков в системе отсчёта, связанной с Землей, которую можно считать инерциальной, т.е. ИСО.

2. По условию задачи по сравнению с длиной нити шарик имеют малые размеры, поэтому описываем их моделью материальной точки.

3. При перегибании нити пружинка толкает оба шарика, действуя на шарик внутренней силой - силой упругости, а силы тяжести и натяжения нитей, все внешние силы, действующие на систему двух шариков, направлены вертикально. По условию задачи масса пружинки во много раз меньше массы шариков, поэтому изменением длины самой пружинки можно пренебречь. Все вышеперечисленные причины не влияют на изменение горизонтальной проекции импульса системы шариков, следовательно, систему шариков в горизонтальном направлении можно считать замкнутой, следовательно, возможно применение закона сохранения импульса.

Дано:

$$\frac{m_2}{m_1} = 1,5$$

$$K \ll L_1$$

$$K \ll L_2$$

h - одинаков.

$$\frac{L_1}{L_2} = ?$$

$$L_2 = ?$$

Решение:

Шары отклоняются на одну и ту же высоту h после разрывания пружинки, т.е. имеют одинаковую высоту h .

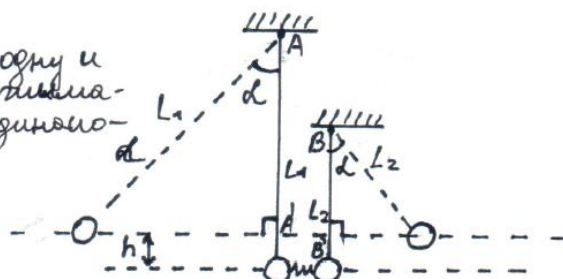
$$h = L_1 - AA' = L_2 - BB'$$

$$AA' = L_1 \cdot \sin h \text{ (из прямоугол. } \Delta - OAB')$$

$$BB' = L_2 \cdot \sin h$$

$$h = L_1 - (L_1 \cdot \sin h) = L_2 - L_2 \cdot \sin h$$

$$h = L_1(1 - \sin h) = L_2(1 - \sin h) (*)$$



По закону сохранения импульса для двух шариков:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

$$0 + 0 = m_1 v_1 - m_2 v_2,$$

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{v_2} = 1,5$$

$$v_1 = 1,5 v_2 = v_2 \cdot \frac{3}{2}; m_2 = 1,5 m. (**)$$

По закону сохранения энергии:

$$\text{для шарика с } m_1: \frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h (1)$$

$$\text{для шарика с } m_2: \frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g h \Leftrightarrow \frac{1,5 m_1 \cdot v_1^2}{1,5^2 \cdot 2} = m_1 \cdot 1,5 g h$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = 1,5^2 m_1 g h(2)$$

суд(х):

$$(1) = (2): m_1 \cdot 1,5^2 \cdot g L_2 (1 - \sin \alpha) = m_1 g (L_1 (1 - \sin \alpha)),$$

$$1,5^2 \cdot L_2 = L_1,$$

$$\frac{L_1}{L_2} = 1,5^2 = 2,25 \Rightarrow L_1 \text{ в } 2,25 \text{ раза больше длины } L_2.$$

Ответ: L_1 больше L_2 в 2,25 раза.

В обосновании возможности применения законов отсутствуют рассуждения о работе силы натяжения нити, в соответствии с критерием 1 – 0 баллов. В решении допущена арифметическая ошибка при нахождении высоты подъема шариков, вместо $\cos$ использована функция $\sin$. В соответствии с критерием 2 – 2 балла. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 1.4 (2 балла)

~~Будет считать~~ $E_1 =$ энергия сжатой пружины
 Будет считать, что пружина расталкивает
 шарики и падает за $\Delta t \rightarrow 0$
 тогда

Зв. Закон Сохранения Энергии
 Будет иметь вид

$$E_1 = E_{k1} + E_{k2},$$

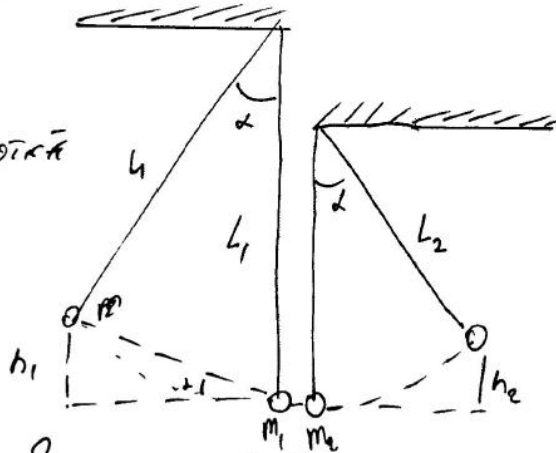
E_{k1} и E_{k2} – кинетич. энергии шариков
 m_1 и m_2 соответственно.

$$E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

v_1 и v_2 – скорости после шариков m_1 и
 m_2 соответственно после передачи им
 энергии пружины. Т.к. $\Delta t \rightarrow 0$, то шарик

и координаты не успевают отклониться.

h_1 и h_2 - высота,
на которую отскочит
шарик
 m_1 и m_2 соот-
ветственно.



α_1 и α_2 - углы
отклонения шаров
от вертикали



Запишем Закон Сохранения энергии
для шаров m_1 и m_2 после получения
скорости.

$$(1) \frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h_1, \quad (2) \frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g h_2$$

геометрически можно получить что

$$L_1 - L_1 \cos \alpha = h_1, \quad \text{а} \quad L_2 (1 - \cos \alpha) = h_2$$

$$\text{тк } 1 - \cos \alpha = 1 - \cos \alpha, \quad \text{то} \quad \frac{L_1}{L_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

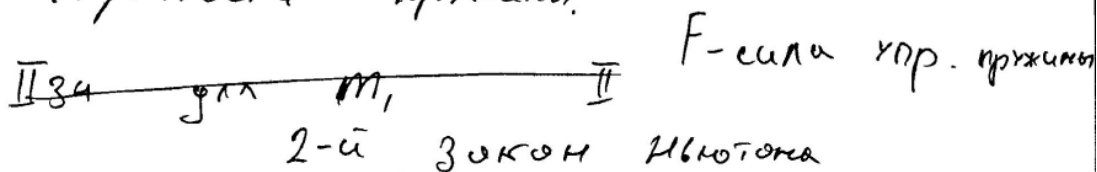
из (1) и (2) получим

$$v_1^2 = 2 g h_1, \quad v_2^2 = 2 g h_2 \Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

Рассмотрим действительные процессы на шариках как

силы с другой стороны.

Запишем 2-й закон Ньютона для шаров m_1 и m_2 во время действия на них силы упругости пружины.



$$\overline{m_1 g} + \overline{F} = \overline{m_1 a_1}$$

$$\text{ок: } -F = -m_1 a_1$$

$$a_1 = \frac{F}{m_1}$$

a_1 - ускорение шара m_1

$$v_1 = a_1 \cdot t$$

$$\overline{m_2 g} + \overline{F} = \overline{m_2 a_2}$$

$$F = m_2 a_2$$

$$a_2 = \frac{F}{m_2}$$

a_2 - ускорение шара m_2

$$v_2 = a_2 \cdot t$$

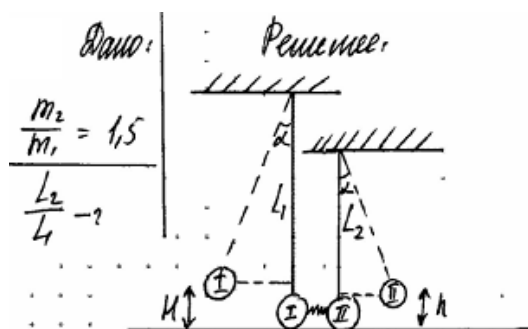
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{a_1 \cdot \Delta t}{a_2 \cdot \Delta t} = \frac{\frac{F}{m_1} \cdot \Delta t}{\frac{F}{m_2} \cdot \Delta t} = \frac{m_2}{m_1} = 1,5$$

$$\Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2 = (1,5)^2 = 2,25$$

$$\text{Отв.: } \frac{L_1}{L_2} = 2,25$$

Обоснование возможности применения законов отсутствует, в соответствии с критерием 1 – 0 баллов. В решении имеются лишние неверные записи (второй закон Ньютона в векторном виде). В соответствии с критерием 2 – 2 балла. Работа оценивается 2 баллами.

Работа 1.5 (0 баллов)



В результате разогнанные пружиной
каждый шарик приобрел кинетическую энер-
гию, которая в конечном счете отклонила на-
ружки и они приобрели потенциальную энергию.

Пусть изначально шарик находился

на 0 высоте. Тогда высоте I шарик имел высоту:

$$H = L_1 - L_1 \cos \alpha = L_1 (1 - \cos \alpha)$$

А II шарик: $h = L_2 - L_2 \cos \alpha = L_2 (1 - \cos \alpha)$

по закону сохранения энергии:

$$E_{\text{пр}} = E_{k1} + E_{k2}, \text{ где } E_{\text{пр}} - \text{энергия пружины, } E_{k1} - \text{кинетическая энергия}$$

I шарика, $E_{k2} - \text{кинетическая энергия II шарика.}$

$$\frac{kx^2}{2} = m_1 g L_1 (1 - \cos \alpha) + m_2 g L_2 (1 - \cos \alpha). \text{ Считая величину отката}$$

пружины во много раз меньше длины нити, получим:

$$E_{k1} = E_{k2}$$

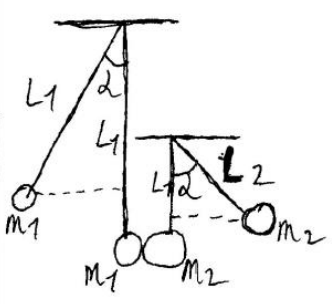
$$m_1 g L_1 (1 - \cos \alpha) = m_2 g L_2 (1 - \cos \alpha)$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{m_2}{m_1} = 1,5$$

Ответ: в 1,5 раза

Обоснование возможности применения законов отсутствует, в соответствии с критерием 1 – 0 баллов. В решении отсутствует закон сохранения импульса и допущена ошибка в одной исходной формуле: неверно записан закон сохранения энергии. В соответствии с критерием 2 – 0 баллов. Работа оценивается 0 баллом.

Работа 1.6 (0 баллов)



Дано: $\frac{L_1}{L_2} = ?$ Решение: $\frac{m_2}{m_1} = 1,5$ и второе V_1 и V_2 скорость первого шарика после того как пружина разжалась; высота на которую поднимутся шарик: ~~поднимутся шарик~~

~~сначала~~ $h_1 = L_1 - L_1 \cdot \cos \alpha$, $h_2 = L_2 - L_2 \cdot \cos \beta$,
а путь пройденный шариком: $S_1 = L_1 \cdot \sin \alpha$, $S_2 = L_2 \cdot \sin \beta$
Тогда работу силы тяжести мы можем записать как для каждого шарика как $\frac{m_1 V_1^2}{2} - m_1 g h_1$ и как $m_2 g \cdot S$, тогда для 1 шарика $\frac{m_1 V_1^2}{2} = m_1 g S_1$.
~~Можно~~ $\frac{m_1 V_1^2}{2} = m_1 g S_1 + m_1 g h_1$
 $V_1^2 = 2g(S_1 + h_1) = 2g L_1 (\sin \alpha + \cos \alpha + 1)$
а для 2: $\frac{m_2 V_2^2}{2} - m_2 g h_2 = m_2 g S_2$
 $V_2^2 = 2g(S_2 + h_2) = 2g L_2 (\sin \beta - \cos \beta + 1)$
Тогда по 3 (и) имеем: $m_1 V_1 = m_2 V_2$, что шарик в начальный момент покоился, следовательно $\frac{m_2}{m_1} = \frac{V_1}{V_2} = 1,5$, тогда $\frac{V_1^2}{V_2^2} = 1,5^2 = 2,25$
 $\frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{2g L_1 (\sin \alpha - \cos \alpha + 1)}{2g L_2 (\sin \beta - \cos \beta + 1)} = \frac{L_1}{L_2} = 2,25$
Ответ: 2,25

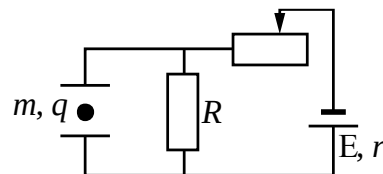
Обоснование возможности применения законов отсутствует, в соответствии с критерием 1 – 0 баллов. В решении допущены ошибки в двух исходных формулах: неверно записан закон сохранения энергии для двух случаев. В соответствии с критерием 2 – 0 баллов. Работа оценивается 0 баллов.

3.5. Примеры оценивания целых работ

Вариант

24

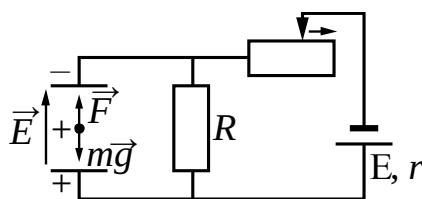
Две параллельные металлические пластины, расположенные горизонтально, подключены к электрической схеме, приведённой на рисунке. Между пластинами находится в равновесии маленькое заряженное тело с массой m и зарядом q . Электростатическое поле между пластинами считать однородным. Опираясь на законы механики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



Возможное решение

- Поскольку пластины подключены к источнику ЭДС, то между ними имеется разность потенциалов, в пространстве между ними создаётся однородное электростатическое поле. Согласно электрической схеме нижняя пластина имеет положительный заряд, а верхняя – отрицательный; следовательно, вектор напряжённости поля направлен вертикально вверх. По условию задачи заряженное тело находится в равновесии; следовательно, сила тяжести скомпенсирована силой Кулона, направленной вертикально вверх. Отсюда делаем вывод, что тело имеет положительный заряд.
- Если сдвинуть ползунок реостата вправо, то сопротивление реостата возрастёт. Поскольку реостат соединён с резистором R последовательно, то и общее сопротивление цепи также возрастёт.
- Согласно закону Ома для полной цепи: $E = I(R_{\text{общ}} + r)$ – при увеличении сопротивления внешней цепи сила тока в ней уменьшится. Таким образом, по закону Ома для участка цепи: $U = IR$ – напряжение на резисторе R также уменьшится. Поскольку пластины соединены с резистором R параллельно, то, соответственно, напряжение между ними уменьшится. Следовательно, уменьшится и напряжённость поля между пластинами: $E = \frac{U}{d}$.
- Уменьшение напряжённости поля приведёт к уменьшению силы Кулона, действующей на тело: $F = qE$. Равновесие нарушится, сила тяжести станет больше силы Кулона, и тело начнёт двигаться вниз с ускорением.

Ответ: тело начнёт двигаться вниз с ускорением

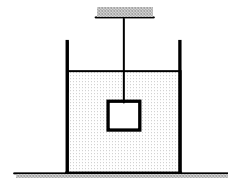


Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>тело начнёт двигаться вниз с ускорением, п. 4</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>закон Ома для полной цепи и участка цепи, условие равновесия тела в электростатическом поле, общее сопротивление при последовательном соединении резисторов, связь разности потенциалов с напряжённостью однородного электрического поля, формула для силы Кулона</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. 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

И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
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. 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
Максимальный балл	3

25

Груз массой $m = 2,0$ кг и объёмом $V = 10^{-3}$ м³, подвешенный на тонкой нити, целиком погружён в жидкость и не касается дна сосуда (см. рисунок). Плотность жидкости $\rho = 700$ кг/м³. Найдите модуль силы натяжения нити.



Возможное решение	
Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях на вертикальную ось: $0 = T + F_A - mg$, где T и $F_A = \rho g V$ – соответственно сила натяжения нити и сила Архимеда, действующие на груз. В итоге получим: $T = mg - \rho g V = 2 \cdot 10 - 700 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 13$ Н. Ответ: $T = 13$ Н	
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: <u>второй закон Ньютона, закон Архимеда</u>); 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); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);	2

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

26

Электромагнитное излучение с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7}$ м используется для нагревания воды. Какую массу воды можно нагреть за 70 с на 10°C , если источник излучает 10^{20} фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой, а теплопотерь в окружающую среду нет.

Возможное решение
Энергия фотона связана с длиной волны электромагнитного излучения λ соотношением $E_{\text{ф}} = \frac{hc}{\lambda}$. Если за каждую секунду вода поглощает n фотонов, то за время τ она поглотит $n\tau$ фотонов с суммарной энергией $E = \frac{n\tau hc}{\lambda}$. Количество теплоты, необходимое для нагревания воды на Δt: $Q = c_{\text{уд}} m \Delta t$, где m и $c_{\text{уд}}$ – соответственно масса воды и её удельная теплоёмкость. Поскольку $E = Q$, то $\frac{n\tau hc}{\lambda} = c_{\text{уд}} m \Delta t$. Отсюда получаем: $m = \frac{hc n \tau}{c_{\text{уд}} \lambda \Delta t} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{20} \cdot 70}{4200 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 10} = 0,1 \text{ кг.}$ Ответ: $m = 0,1 \text{ кг}$

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>формулы для энергии фотона и количества теплоты, необходимого для нагревания тела; закон сохранения энергии</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

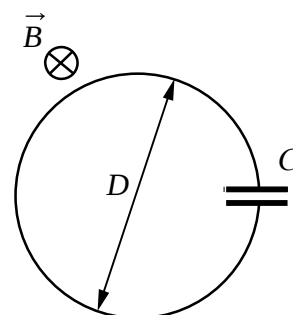
В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится бензол (C_6H_6) при температуре кипения $t = 80^\circ C$. При сообщении бензолу количества теплоты Q часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу A . Удельная теплота парообразования бензола $L = 396 \cdot 10^3$ Дж/кг, его молярная масса $M = 78 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Какая часть подведённого к бензолу количества теплоты переходит в работу? Объёмом жидкого бензола пренебречь.

Возможное решение	
1. В соответствии с первым началом термодинамики подводимое количество теплоты равно сумме изменения внутренней энергии системы и совершённой механической работы: $Q = \Delta U + A$. При кипении бензола происходит его изобарное расширение. Работа пара $A = p\Delta V$, где p – атмосферное давление, ΔV – изменение объёма. 2. Считая пар идеальным газом, воспользуемся уравнением Клапейрона – Менделеева для определения изменения объёма за счёт испарившегося бензола массой Δm: $p\Delta V = \frac{\Delta m}{M}RT$, где $M = 78 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная масса бензола, $T = 80 + 273 = 353K$ – температура кипения бензола. Отсюда $A = \frac{\Delta mRT}{M}$. 3. Количество теплоты Q, необходимое для испарения массы Δm бензола, пропорционально удельной теплоте парообразования L: $Q = \Delta mL$. 4. Искомая величина определяется отношением $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{RT}{ML} = \frac{8,31 \cdot 353}{78 \cdot 10^{-3} \cdot 396 \cdot 10^3} \approx 0,095.$ Ответ: $\eta \approx 0,095$	
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>первое начало термодинамики, уравнение Клапейрона – Менделеева, выражение для теплоты парообразования данной массы вещества, формула работы газа</i>); 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); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.	2

И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.		
И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка		
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. 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
Максимальный балл		3

28

Кольцо диаметром $D = 11$ см из тонкой медной проволоки и конденсатор с электрической ёмкостью $C = 2,5$ мкФ соединены параллельно. Кольцо помещается в однородное магнитное поле, равномерно изменяющееся со скоростью $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 2$ Тл/с. Вектор индукции магнитного поля направлен вдоль оси кольца. Найдите заряд, образующийся на конденсаторе.

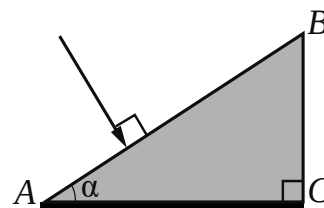


Возможное решение
1. ЭДС индукции, возникающая в кольце, $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. За время Δt изменение магнитного потока $\Delta\Phi = \Delta(SB)$, где $S = \frac{\pi D^2}{4}$ – площадь круга, ограниченного кольцом. Поэтому $\mathcal{E} = S \left \frac{\Delta B}{\Delta t} \right = \left \frac{\Delta B}{\Delta t} \right \frac{\pi D^2}{4}$. 2. Напряжение на конденсаторе $U = \mathcal{E}$, а заряд на конденсаторе $q = CU$. Следовательно, $q = C \left \frac{\Delta B}{\Delta t} \right \frac{\pi D^2}{4} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,11^2}{4} \approx 47,5$ нКл. Ответ: $q \approx 47,5$ нКл

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>закон Фарадея, формулы для магнитного потока и заряда конденсатора</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, 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, применение которых необходимо и достаточно 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>	3

29

Нижняя грань AC прозрачного клина посеребрена и представляет собой плоское зеркало. Угол при вершине клина $\alpha = 15^\circ$. Луч света падает из воздуха на клин перпендикулярно грани AB , преломляется и выходит в воздух через ту же грань AB , но уже под углом преломления $\beta = 60^\circ$. Определите показатель преломления материала клина. Сделайте рисунок, поясняющий ход луча в клине.



Возможное решение

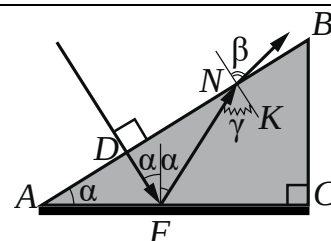
1. Поскольку луч падает на грань AB перпендикулярно, он на ней не преломляется, а падая на грань AC , согласно закону отражения света отражается под тем же углом α . Следовательно, $KN \parallel FD$, $\gamma = 2\alpha$.

2. Закон преломления света в точке N :

$$n \cdot \sin \gamma = \sin \beta, \text{ или } n \cdot \sin 2\alpha = \sin \beta.$$

$$\text{Получаем: } n = \frac{\sin \beta}{\sin 2\alpha} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3} \approx 1,7.$$

Ответ: $n \approx 1,7$

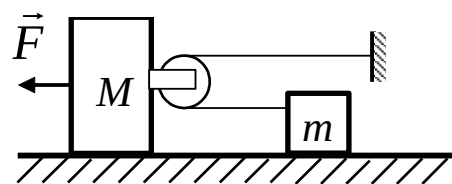


Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для закона преломления света, закон отражения света, соотношение углов</i>); II) сделан правильный рисунок с указанием хода луча в клине; III) 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); IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.	1

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

30

К бруску массой $M = 2$ кг прикреплён лёгкий блок (см. рисунок), через него переброшена лёгкая нерастяжимая нить, один конец которой привязан к стене, а к другому прикреплено тело массой $m = 0,75$ кг. На брусок действует сила $F = 10$ Н. Определите ускорение бруска. Свободные куски нити горизонтальны и лежат в одной вертикальной плоскости, тела движутся вдоль одной прямой. Массой блока и нити, а также трением пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

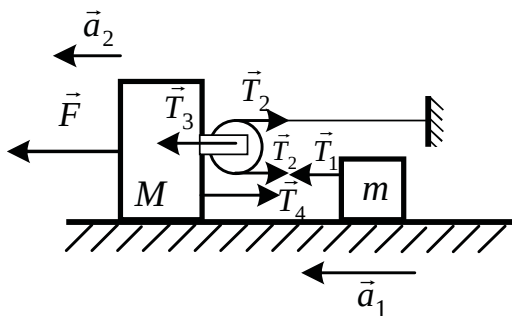


Возможное решение

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Брусок и тело движутся поступательно, поэтому описываем их моделью материальной точки независимо от их размеров.
3. Из пп. 1 и 2 следует, что движение бруска и тела в ИСО описывается вторым законом Ньютона.
4. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.
5. Нить нерастяжима, поэтому модули ускорений подвижного блока и тела m при их прямолинейном поступательном движении отличаются в 2 раза.

Решение



Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную ось для тела и бруска:

$ma_1 = T_1$; $Ma_2 = F - T_4$, где a_1 и a_2 – ускорения тела и бруска, T_1 – сила натяжения нити, T_4 – сила, с которой блок действует на брусок.

Запишем второй закон Ньютона для невесомого блока:

$0 = T_3 - 2T_2$, где T_3 – сила, с которой брусок действует на блок, T_2 – сила натяжения нити, действующая на блок.

Поскольку нить невесома, то $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$. По третьему закону Ньютона $\vec{T}_3 = -\vec{T}_4$, или $|\vec{T}_3| = |\vec{T}_4|$.

Ускорение подвижного блока, а значит, и бруска массой M , в 2 раза меньше ускорения тела массой m , так как за одно и то же время перемещение тела в 2 раза больше перемещения бруска: $a_1 = 2a_2$.

Приходим к системе уравнений:
$$\begin{cases} F - 2T = Ma_2, \\ T = m \cdot 2a_2, \end{cases}$$
 откуда

$$a_2 = \frac{F}{M + 4m} = \frac{10}{2 + 4 \cdot 0,75} = 2 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $a_2 = 2 \text{ м/с}^2$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор инерциальной системы отсчета, модель материальной точки, равенство сил натяжений нити, соотношение ускорений, сделан рисунок с указаний сил, действующих на тела</i>	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка.	0
ИЛИ Обоснование отсутствует	
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона для бруска и тела, третий закон Ньютона, кинематическая связь между ускорениями бруска и тела</i> ; 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	3

величин, используемых при написании физических законов); 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); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются 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, 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

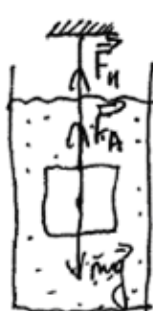
25 Дано: Решение

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$V = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho_* = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$F_H$$



$$\begin{aligned} \text{ОУ: } F_H + F_A &= mg \\ F_H &= mg - F_A = mg - \rho_* g V = g(m - \rho_* V) \\ F_H &= 10(2 - 700 \cdot 10^{-3}) = 13 \text{ Н} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } F_H = 13 \text{ Н}$$

29 Дано:

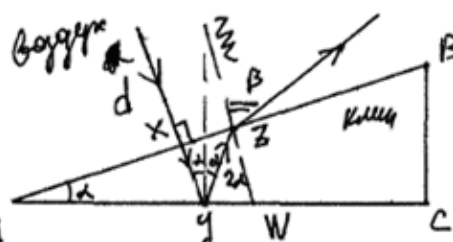
$$\alpha = 15^\circ$$

$$\beta = 60^\circ$$

AC - горизонт. поверхность

$$n_{\text{кл}}$$

Решение



$$\begin{aligned} n_{\text{кл}} &= \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2}{2} = \sqrt{3} = \\ &\approx 1,732 \end{aligned}$$

d, Z - || прямые

$$\angle XYZ = \angle YZW = 2\alpha$$

как хорды вписанной окружности

Получается:

$$\begin{aligned} \frac{\sin 2\alpha}{\sin \beta} &= \frac{n_{\text{возв}}}{n_{\text{кл}}} \\ \frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} &= \frac{1}{n_{\text{кл}}} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } n_{\text{кл}} = 1,732$$

28 Дано:

$$D = 0,11 \text{ м}$$

$$C = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 2 \text{ Тл/с}$$

$$\vec{n} \parallel \vec{B} = \vec{0}$$

φ

Решение

Найдём площадь окружности, образованной проволокой

$$r = \frac{D}{2}$$

$$S = \pi r^2 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{\pi D^2}{4} = 0,003025 \pi \text{ м}^2$$

$$\Delta \Phi = \Delta B S \cos(\vec{n} \parallel \vec{B}) = \Delta B S$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} S = 2 \cdot 0,003025 \pi = 0,00605 \pi \text{ В}$$

Напряженность и проволока соединены параллельно $\Rightarrow U = \mathcal{E}_i$

$$q = CU = CE_i = 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,006050 = 0,0474925 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

Ответ: $q = 0,0474925 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$

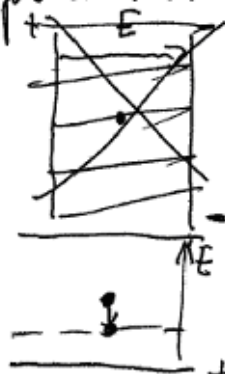
24 Если сдвинуть палец резистора влево, то сопротивление резистора увеличится (в связи с увеличением длины активной части)

Используя закон Ома для полной цепи, можно отметить, что сила тока в цепи, вследствие увеличения сопротивления в цепи, уменьшится ($R + R_{\text{резист.1}} < R + R_{\text{резист.2}}$), а сила тока в цепи равна силе тока резистора. // $R_{\text{резист.2}} > R_{\text{резист.1}}$

Поскольку резистор подсоединен к параллельно соединенным резисторам и системе из пластин и тела последовательно, то общая сила тока на этих двух параллельно соединенных объектах ~~то же~~, равная силе тока резистора, может увеличиться.

Напряжение на резисторе после уменьшения силы тока уменьшится (по закону Ома для участка цепи).

Поскольку при параллельном соединении напряжение резистора равно разности потенциалов между пластинами, значит, что разность потенциалов уменьшится.



Исходя из того, что ток идет от "+" к "-", означая, что нижняя пластина на приведенном к заданию рисунке имеет положительный заряд, а верхняя — отрицательный.

Поскольку разность потенциалов между пластинами уменьшается, а заряд ~~не~~ ^{меньше} не изменился, ~~то~~ ^{то} тело ~~не~~ ^{не} сместится + будет ~~для~~ для установления равновесия потенциалов в данной системе.

27 Дано:

$$T_K = 353K$$

$$L = 396 \cdot 10^3 \frac{Дж}{кг}$$

$$M = 78 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль}$$

K

Решение

С одной стороны: $Q = Lm$ (масса m паров воды, конденсируясь при t кипения) // где m - масса паров воды, конденсируясь в пар.

С другой стороны: $Q = A' + \Delta U$ ($p = const$)

где $A' = p \Delta V$ (мн $p = const$)

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} p \Delta V$$

Вода - многоатомный газ, поэтому $i = 6$

$$\text{тогда, } Q = p \Delta V + 3 p \Delta V = 4 p \Delta V$$

$$\cancel{Q = K A} \quad \cancel{\text{Пусть } Q = K A'}$$

Пусть $A' = K Q$ где K - коэффициент, связывающий A' и Q ,

$$\text{тогда } K = \frac{A'}{Q} = \frac{p \Delta V}{4 p \Delta V} = \frac{1}{4} = 0,25$$

Ответ: $K = 0,25$

26

Дано

или

Решение

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$t = 70 \text{ с}$$

$$\Delta T = 10^\circ \text{C}$$

$$N = 10^{20}$$

$$m = ?$$

кг

$$E_{\text{ф}} = h \nu = \frac{hc}{\lambda}, \text{ тогда}$$

$$\text{энергия } N \text{ фотонов} = \frac{hc}{\lambda} \cdot N$$

Требуется электромагнитного

излучения, количество энергии

$$\text{на нагревание воды } \Rightarrow A_{\text{об}} = Q_{\text{об}}; \quad A_{\text{об}} = \frac{hc N t}{\lambda}$$

$$Q_{\text{об}} = c m \Delta T \Rightarrow \frac{hc N t}{\lambda} = c m \Delta T$$

$$\text{откуда } m = \frac{hc N t}{c \lambda \Delta T}$$

$$m = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{20} \cdot 70}{4200 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 10} = \frac{10^{-6} \cdot 1386}{10^{-6} \cdot 13860} =$$

$$= 0,1 \text{ кг}$$

Ответ: 0,1 кг воды.

30 Обоснование

1. Будем рассматривать движение тел в системе отсчета, связанной с Землей, которую можно считать инерциальной, т.е. ИСО. Тело и брусок движутся поступательно, поэтому описываем их модель материальной точки независимо от их размеров. Из выше перечисленного следует, что движение тела и бруска в ИСО, а также их взаимодействие, описывается вторым и третьим законами Ньютона.
2. По условию задачи нить невесома, а блок идеален, т.е. его масса ничтожна и трением можно пренебречь, поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же. Также по условию задачи сказано, что нить нерастяжима, поэтому модуль ускорений подвижного блока и тела при их прямолинейном поступательном движении отличаются в 2 раза.

Дано:

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 0,75 \text{ кг}$$

$$F = 10 \text{ Н}$$

$$a_2 = ?$$

Решение:

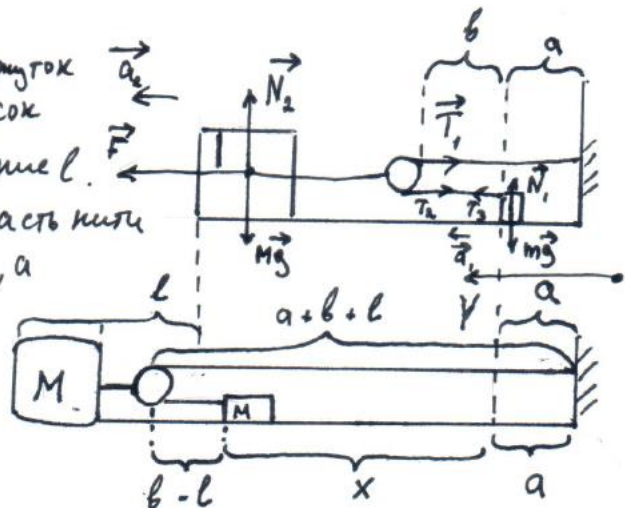
пусть за промежуток времени t , брусок прошел расстояние l . Тогда верхняя часть нити удлинится на l , а нижняя будет

короче прежней длины на l .

Из рисунка заметим, что

$$a + b + l = b - l + x + a$$

$x = 2l$ - расстояние, пройденное телом массой m за время t
 т.к. на брусок и тело действуют постоянные силы, то $\vec{a}_1 = \text{const}$
 $\vec{a}_2 = \text{const}$
 Тогда $a_2 = \frac{l}{t}$, $a_1 = \frac{x}{t} = \frac{2l}{t} \Rightarrow a_1 = 2a_2$



Рассм. силы, действующие на тело массой m

По 2 закону Ньютона: $\vec{T}_3 + m\vec{g} + \vec{N}_1 = m\vec{a}_1$

т.к. нить нерастяжима, то $|\vec{T}_3| = |\vec{T}_2| \Rightarrow T_3 = T_2$

Рассм. силы, действующие на брусок + блок

По 2 закону Ньютона: $\vec{F} + M\vec{g} + \vec{T}_2 + \vec{T}_1 + \vec{N}_2 = M\vec{a}_2$

на ось y : $F - T_2 - T_1 = Ma_2 \Rightarrow a_2 = \frac{F - T_2 - T_1}{M}$

Рассм. силы, действующие на блок:

По второму условию равновесия:

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 = 0$$

Пусть точка O - точка, тогда $M_1 = 0$, $M_2 = T_2 R$, $M_3 = -T_1 R$

(момент
силы F)
(момент
силы T_2)
(момент
силы T_1)

$$0 = T_1 R \quad T_1 R = 0 \Rightarrow T_1 = T_2$$

$$a_2 = \frac{F - T_2 - T_1}{M} = \frac{F - 2T_2}{M} = \frac{F - 2mg}{M} = \frac{F - 4mg}{M}$$

$$a_2 (M + 4m) = F$$

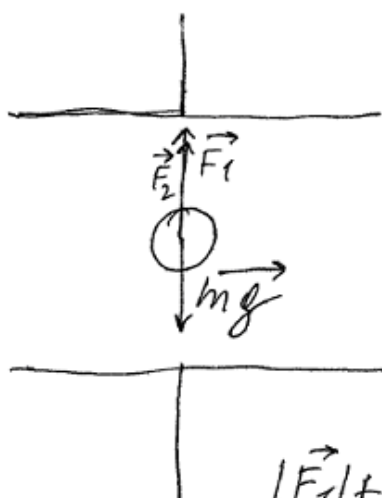
$$a_2 = \frac{F}{M + 4m} = \frac{10}{2 + 0,75 \cdot 4} = 2 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 2 м/с^2

Оценивание

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

№ 24



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 \text{ (в начале)}$$

$\vec{F}_1$ — сила притяжения к верхней обкладке.

$\vec{F}_2$ — сила отталкивания от нижней обкладки.

$$|\vec{F}_1| + |\vec{F}_2| = |mg| \quad (1)$$

После передвижения катушка релактита вправо, сопротивление цепи возрастает и напряжение уменьшается.

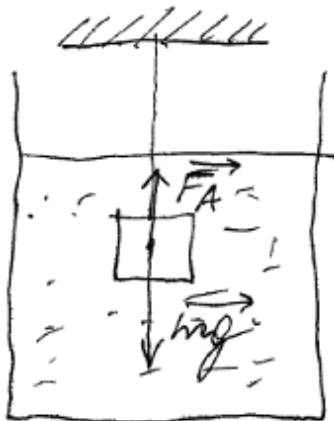
$$I = \frac{V}{R}$$

$$W_{\text{конд.}} = \frac{qV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

Из-за падения напряжения ^а заряд на обкладках конденсатора уменьшается, вследствие чего уменьшаются силы, действующие с их стороны на шарик.

② $|\vec{m}\vec{g}| > |\vec{F}_1| + |\vec{F}_2|$

Шарик, под воздействием силы тяжести, начинает равноускоренно опускаться вниз.



√25

~~$m = 0,2 \text{ кг}$~~

$m = 2 \text{ кг}$

$V = 10^{-3} \text{ м}^3$

$\rho_{\text{ж.}} = 700 \text{ кг/м}^3$

$m\vec{g} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ Н}$

$F_A = \rho_{\text{ж.}} \cdot V \cdot g = 700 \cdot 0,001 \cdot 10 = 7 \text{ Н}$

$F_{\text{зам.}} = \vec{F}_A + \vec{m}\vec{g} = 20 - 7 = 13 \text{ Н}$

Ответ: $F_{\text{зам.}} = 13 \text{ Н.}$

√28

$V = 0,055 \text{ м}$

$C = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$

$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 2 \text{ Тл/с}$

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\Delta \Phi = \Delta B \cdot S \cdot \sin L =$$

$$= 2 \cdot 0,0095 \cdot 1 = 0,019$$

~~$$V = \frac{0,019}{1} = 0,019 \text{ B}$$~~

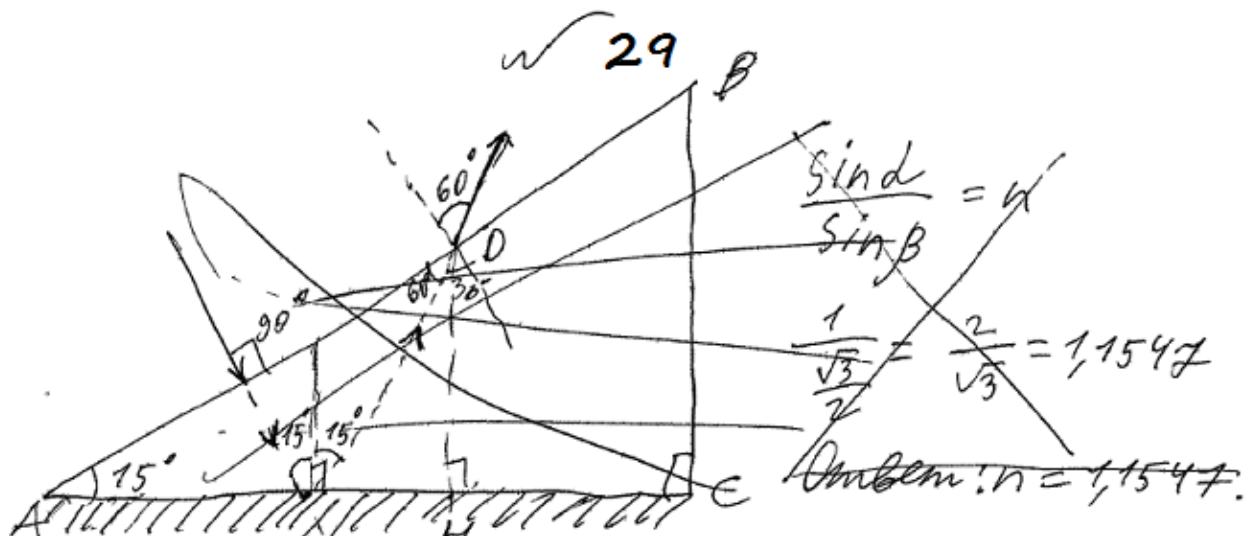
$$W_k = \frac{q^2}{2} = \frac{C V^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

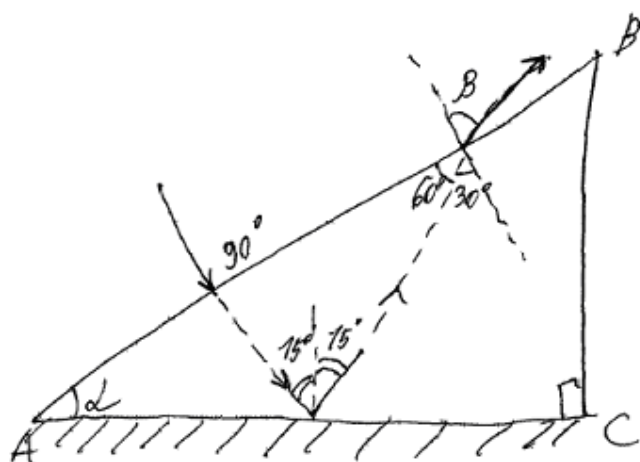
$$W_k = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,019^2}{2} = 451,25 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$q^2 = 2256,25 \cdot 10^{-18}$$

$$q = 47,5 \cdot 10^{-9} = 47,5 \text{ nC}$$

Answer: $q = 47,5 \text{ nC}$.





$$\alpha = 15^\circ$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2}{2 \cdot 1} = \sqrt{3} = 1,732$$

Ответ: $n = 1,732$.

✓ 26

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м} \quad n = 10^{20} \text{ (фотонов за 1 сек.)}$$

$$\tau = 70 \text{ с}$$

$$\Delta t = 10^\circ \text{C}$$

$$\text{Энергия одного фотона} \quad E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Полная энергия, возмущившаяся за $\tau = 70 \text{ с}$ света:

$$E_0 = E \cdot n \cdot \tau = \frac{hc}{\lambda} \cdot n \cdot \tau$$

П.к. излучение полностью поглощается водой, а термометр в окр. среде кет, то

$$E_0 = Q, \text{ где } Q - \text{кол-во теплоты, необходимое для нагревания воды массы } m \text{ на } \Delta t = 10^\circ \text{C}$$

$$Q = c_0 m \Delta t \Rightarrow$$

$$\frac{hc}{\lambda} n \tau = c_0 m \Delta t$$

$$m = \frac{hc n \tau}{\lambda c_0 \Delta t} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{20} \cdot 70}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7}} = 0,1 \text{ кг} = 100 \text{ г}$$

Ответ: $m = 100 \text{ г}$

Обоснование

✓ 30

1. Будем рассматривать движение тел в системе отсчета, связанной с Землей, которую можно считать инерциальной, т.е. ИСО. Как известно, для описания движения тела и бруска в ИСО можно воспользоваться вторым законом Ньютона.
2. По условию задачи нить невесома, а блок идеален, поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же, а также равны ускорения бруска и тела.

Дано:

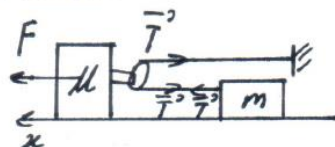
$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 0,75 \text{ кг}$$

$$F = 10 \text{ Н}$$

$$a = ?$$

Решение:



$$\textcircled{1} \text{ для бруска } M:$$

$$\vec{F} + \vec{T} + \vec{T} = M\vec{a},$$

$$a_1, a_2 = a$$

$$\textcircled{2} \text{ для тела } m:$$

$$\vec{T} = m\vec{a}$$

$$\text{по } OX: T = ma$$

$$\textcircled{3} \begin{cases} F - 2T = Ma \\ T = ma \end{cases}$$

подставим значение T из второго ур-я в первое:

$$F - 2ma = Ma$$

$$Ma + 2ma = F$$

$$a(M + 2m) = F$$

$$a = \frac{10 \text{ Н}}{2 \text{ кг} + 2 \cdot 0,75 \text{ кг}} \approx 2,86 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a = \frac{F}{(M + 2m)}$$

$$\text{Ответ: } 2,86 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Оценивание

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

N 25

Дано

$$m = 2 \text{ кг}$$

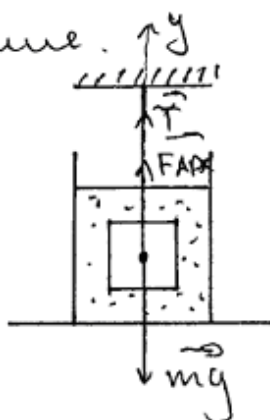
$$V = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho_m = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Найти:

$T = ?$

Решение.



по 2 3. Нормы

$$\vec{m}\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{Аpx}} = m\vec{a}$$

$a = 0$ и тело неподвижно.

$$0 \text{ y: } T + F_{\text{Аpx}} = mg$$

$$T = mg - F_{\text{Аpx}}$$

$$T = mg - \rho g V$$

$$T = 2 \cdot 10 - 700 \cdot 10 \cdot 10^{-3}$$

$$T = 13 \text{ Н.}$$

Ответ: 13 Н

Дано:

$$d = 11 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$C = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 2 \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$$

$q = ?$

N 28



$$\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta B S}{\Delta t}$$

$$S = \pi r^2 \quad \left. \begin{array}{l} r = \frac{d}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$q = C U$$

$$q = C \mathcal{E}$$

$$q = 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 190 \cdot 10^{-4} \quad \mathcal{E} = \frac{\Delta B \pi d^2}{\Delta t 4} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 121 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 2}$$

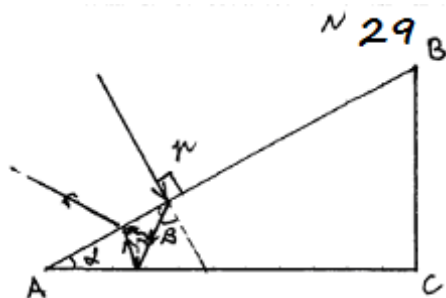
$$q = 0,025 \cdot 10^{-4} \cdot 190 \cdot 10^{-4}$$

$$\mathcal{E} = 190 \cdot 10^{-4} \text{ В}$$

$$q = 4,75 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

Ответ: $4,75 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$

Дано
 $\alpha = 15^\circ$
 $\beta = 60^\circ$
 Найти:
 $n = ?$



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$

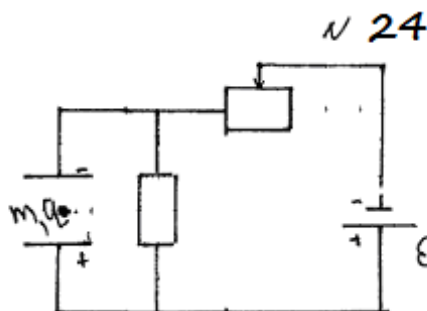
$$\frac{1}{\sin \beta} = n$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$n = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$n \approx 1,16$$

Ответ: 1,16



Если сопротивление резистора $\rightarrow$ увеличивается, то $R \uparrow \Rightarrow$ из закона Ома $I = \frac{U}{R}$ $U = IR \uparrow$

напряжение $E = \frac{U}{I}$,
 если $U \uparrow \Rightarrow E \uparrow$.

Если напряжение $F = Eq$,
 если $E \uparrow \Rightarrow F \uparrow$. Запись
 запишем, если q $\rightarrow$
 заряд $\oplus$, то q $\rightarrow$
 увеличится и
 увеличится F .
 если q $\oplus$, то q $\rightarrow$
 увеличится и
 увеличится F .

Дано:

$$T = 353^\circ \text{K}$$

$$L = 396 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\mu = 78 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{A}{Q}$$

№ 27

$$Q = \Delta m + p \Delta V$$

мы знаем

$$\frac{A}{Q} = \frac{p \Delta V}{\Delta m} + 1$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{p R T}{\Delta m}$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{R T}{\Delta \cdot \mu} + 1 \Rightarrow$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{8,31 \cdot 353}{396 \cdot 10^3 \cdot 78 \cdot 10^{-3}} + 1 \Rightarrow$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{2933}{30888} + 1 = 0,095 + 1 \Rightarrow$$

$$\frac{A}{Q} = 1,1$$

Ответ: 1,1.

№ 26

Дано:

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$t = 70 \text{ с}$$

$$\Delta t = 10^\circ \text{C}$$

$$N = 10^{20} \text{ фото/с}$$

m - ?

Решение

1) Энергия одного фотона: $E_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

Энергия, которая пойдет на нагревание воды:

$$E = E_0 \cdot N \cdot t = \frac{hc N t}{\lambda} = Q \text{ (переходит в тепло)}$$

2) Энергия для нагревания воды: $Q = cm \Delta t$,
откуда масса воды: $m = \frac{Q}{c \Delta t} = \frac{hc N t}{c \Delta t \lambda}$

3) $m = \frac{hc N t}{c \Delta t \lambda} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

3) $m = \frac{hc N t}{c \Delta t \lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{20} \cdot 70}{4200 \cdot 10 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7}} = 0,1 \text{ кг}$

Ответ: $m = \frac{hc N t}{c \Delta t \lambda} = 0,1 \text{ кг}$

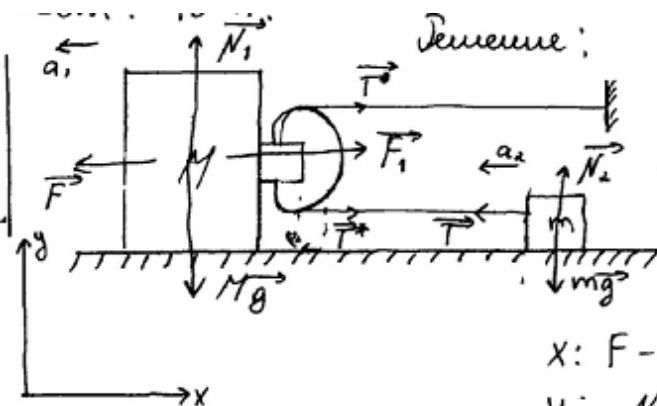
N30 Дано:

$$M = 2 \text{ м.}$$

$$m = 0,75 \text{ кг}$$

$$F = 10 \text{ Н}$$

$$a_1 = ?$$



Решение:

Рассмотрим тело массой M
 $\vec{F} + \vec{N}_1 + M\vec{g} + \vec{F}_1 = M\vec{a}_1$
 где F_1 - сила, действующая со стороны нити, которая переоборачивается через блок

$$x: F - F_1 = Ma_1$$

$$y: N_1 - Mg = 0 \Rightarrow N_1 = Mg.$$

Рассмотрим тело массой m .

По второму закону Ньютона:

$$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N}_2 = m\vec{a}_2$$

$$x: -T = -ma_2 \quad y: N - mg = 0 \Rightarrow N = mg.$$

$$T = ma_2$$

Найдем связь ускорений a_1 и a_2 по третьему закону Ньютона. $\vec{F}_1 = -2\vec{T}^* \Rightarrow$
 $\Rightarrow F_1 = 2T^*$, т.к. нить нерастяжимая и легкая
 $T = T^* \Rightarrow F_1 = 2T \Rightarrow a_1 = \frac{1}{2} a_2$

$$T = \frac{2ma_2}{2} \Rightarrow F_1 = 4ma_1$$

Подставим $F - F_1 = Ma_1 \Rightarrow F - 4ma_1 = Ma_1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow F = a_1(4m + M) \Rightarrow a_1 = \frac{F}{4m + M} = \frac{10 \text{ Н}}{4 \cdot 0,75 \text{ кг} + 2 \text{ м}} = \frac{10}{4 + 2} = \frac{10}{6} = 1,67 \text{ м/с}^2$
 Ответ: $a_1 = 1,67 \text{ м/с}^2$

Оценивание

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

№ 24 Пластины представляют собой своеобразный конденсатор $\Rightarrow$ через них так же течет (это разрыв цепи)

Ползунок сдвинули влево $\Rightarrow$ как мы видим из рисунка сопротивление резистора увеличилось. Из закона Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R + R_r + r}$ (R_r - сопротивление резистора) мы видим что сила тока уменьшилась при увеличении сопротивления резистора. Напряжение на резисторе R уменьшается ($U = IR$) т.к. оно пропорционально силе тока конденсатор соединен параллельно с резистором $\Rightarrow$ напряжения на ~~(каждом)~~ них равны и равно уменьшились (параллельный участок цепи)

$$\left. \begin{aligned} U &= Ed \\ E &= \frac{F}{q} \end{aligned} \right\} F = q \frac{U}{d} \quad \text{как видим при уменьшении напря-$$

жения уменьшается и сила F , которая противодействует силе тяжести. Т.к. тело покоилось, то

$F = mg$, а теперь F - уменьшилось $\Rightarrow mg > F$ и тело ушло.

№ 25 $\vec{F}_a + \vec{T} + \vec{mg} = m\vec{a}$

$$F_a + T - mg = 0 \quad (a = 0 \text{ т.к. тело покоится})$$

$$T = mg - F_a \quad F_a = \rho g V$$

$$T = mg - \rho g V$$

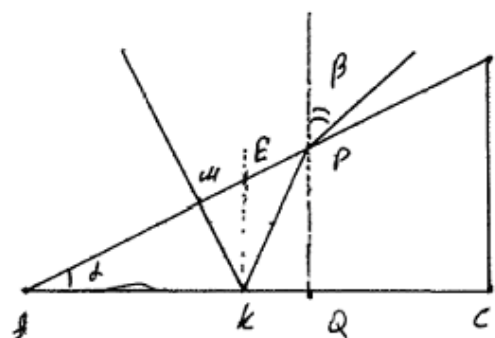
Дано:
$m = 2 \text{ кг}$
$V = 10^{-3} \text{ м}^3$
$\rho = 700 \text{ кг/м}^3$
$T = ?$

$$T = 2 \cdot 10 - 700 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 27 \text{ (Н)}$$

Ответ: 27 Н

29. Так как лучи входят в призму под прямыми углами, то они не преломляются и "крут" дальше, отражаясь от зеркала и выходя через грань АВ преломляясь.

Рассматриваем точки М, Е, Р, Q, К ~~(рис. 1.10.10)~~



на рис. 30
 $\angle AKM = 90^\circ - 15^\circ$ (в $\triangle AKM$ - прямоугольный), $\angle AKM = \angle AKM + \angle MKE = 90^\circ$
 $\angle EKM = 90^\circ - \angle AKM = 90^\circ - 90^\circ + 15^\circ = 15^\circ$

$\angle MKE = \angle EKP$ (углы преломления равны углу отражения) $\angle EKP = \angle K PQ$ (внутренние накрест лежащие) $\angle K PQ = 15^\circ$

$\sin 15^\circ n_1 = n_2 \cdot \sin \beta$ (n_2 - показатель преломления воздуха) $n_1 = \frac{n_2 \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{\sin 60^\circ \cdot 1}{\sin 15^\circ} = \sqrt{3} \approx 1,73$

Ответ: 1,73

28

Дано:

$$D = 0,11 \text{ м}$$

$$C = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 2 \text{ Тл/с}$$

q - ?

Решение:

$$E = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot S \right| \quad (S - \text{площадь кольца})$$

$S = \pi \frac{D^2}{4}$ ЭДС индукции, которая возникает в контуре равна электродвижущей силе конденсатора (они соединены параллельно)

$$U = E \quad C = \frac{q}{U} \Rightarrow q = EC \quad q = CS \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} =$$

$$= C \pi \frac{D^2}{4} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$q = 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 3,14 \cdot \frac{0,11^2}{4} \cdot 2 \approx 4,75 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

Ответ: $4,75 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$

№ 26

Дано:

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$\tau = 70 \text{ сек}$$

$$\Delta T_0 = 10^\circ \text{ C}$$

$$N = 10^{20} \quad C_0 = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг K}$$

Найти

$$m_0 - ?$$

III. к. излучение полностью поглощается водой, а теплопотери в окружающую среду нет, то справедливо следующее равенство:

$$Q = P, \text{ где } Q = c_0 m_0 \Delta T_0,$$

$$P = \frac{N E_0}{\tau}$$

$$c_0 m_0 \Delta T_0 = \frac{N E_0}{\tau}$$

$$m_0 = \frac{N E_0}{\tau c_0 \Delta T_0}, \text{ где } E_0 = \frac{hc}{\lambda}$$

$$m_0 = \frac{N h c}{\tau c_0 \Delta T_0 \lambda} =$$

$$= \frac{10^{20} / 70 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{70 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 10} = 1,4 \cdot 10^{-3}$$

$$m_0 = \frac{N h c}{\tau c_0 \Delta T_0 \lambda} = \frac{10^{20} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{70 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7}} = 10^{-2} \cdot 0,00204 =$$

$$= 204 \cdot 10^{-4} \text{ (кг)}$$

$$\text{Ответ: } 204 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$

N30 Обоснование

1. Будем рассматривать движение тел в системе отсчёта, связанной с Землёй, которую можно считать инерциальной, т.е. ИСО.
2. Тело и брусок движутся поступательно, поэтому описываем их моделью материальной точки независимо от их размеров.
3. Из пунктов 1 и 2 следует, что движение тела и бруска в ИСО, а также их взаимодействие, описывается вторыми и третьими законами Ньютона.
4. По условию задачи сказано, что нить нерастяжима, поэтому модули ускорений подвижного блока и тела при их прямолинейном поступательном движении отличаются в 2 раза.

$M = 2 \text{ кг}$
 $m = 0,75 \text{ кг}$
 $F = 10 \text{ Н}$

$a_m = ?$
 $ma_m = T$
 $MA_m = F - 2T$

$l_1 + l_2 = \text{const}$
 $l'_1 + l'_2 = \text{const}$

$l'_2 = l_2 + x_m$
 $l'_1 = l_1 - x_m - x_m$

}

$\Rightarrow 2x_m = x_m \Rightarrow a_M = \frac{a_m}{2}$

Трения нет, нить и блок невесомы:
 В нити возникает во всей длине одна и та же сила натяжения T как связаны ускорения A и a ?

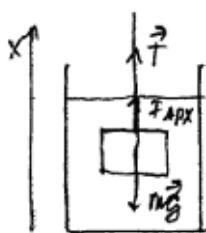
Оценивание

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

Работа 5

N25 Дано: Решение:

$m = 2 \text{ кг}$
 $V = 10^{-3} \text{ м}^3$
 $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$
 $T = ?$



По второму закону Ньютона:

$$\vec{T} + \vec{F}_{\text{арх}} + m\vec{g} = 0$$

Запишем проекцию на ось X:

$$T + F_{\text{арх}} - mg = 0$$

$$T = mg - F_{\text{арх}} = mg - \rho g V = 2 \cdot 10 - 700 \cdot 10^{-3} = 13 \text{ Н}$$

Ответ: 13 Н.

N27 Дано: Решение:

$t = 80^\circ \text{C}$
 $L = 396 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
 $M = 78 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$
 $\frac{A'}{Q} = ?$

$$A' = P \Delta V \quad (1)$$

Воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона:

$$P V = \nu R T$$

$$\Delta V = \frac{\Delta \nu R T}{P} = \frac{\Delta m R T}{M P} \quad (\Delta V = \frac{\Delta m}{M}) \quad (T = t + 273 = 80 + 273 = 353 \text{ К})$$

(2) Подставим $\Delta V = \frac{\Delta m R T}{M P}$ в (1) уравнение и получим:

$$A' = \frac{\Delta m R T}{M}$$

т.к. бензол при температуре кипения, то энергия которую он

выделяет равна: $Q = L \Delta m$

$$\text{из (2) и (3)} \quad \frac{A'}{Q} = \frac{\frac{\Delta m R T}{M}}{M \cdot L \Delta m} = \frac{R T}{M \cdot L} = \frac{8,31}{78 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{353}{396 \cdot 10^3} \approx 9,09$$

Ответ: 9,09

N28 Дано: Решение:

$D = 11 \text{ см} = 0,11 \text{ м}$
 $C = 2,5 \text{ мкФ}$
 $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 2 \text{ Тл/с}$
 $q = ?$

т.к. кольцо помещено в однородное магнитное поле

с изменяющейся индукцией магнитного поля возникает

$$\text{ЭДС индукции } \mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cos \alpha \quad (\cos \alpha = 1 \text{ т.к. вектор индукции})$$

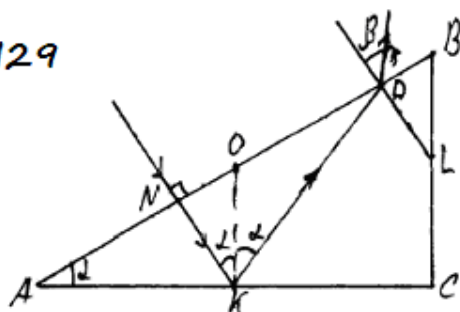
напряжения поля направлен вдоль оси козыра)

П. и козыра и конденсатор подключены параллельно, то напряжение на конденсаторе равно ЭДС источника ($U = E$)

Емкость конденсатора: $C = \frac{q}{U} = \frac{q}{E} \Rightarrow q = CE = C \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} S \cos \alpha =$
 $= C \frac{\Delta B}{\Delta t} \frac{\pi R^2}{4} \cos \alpha = 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,11^2}{4} \cdot 1 = 47,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$

Ответ: 47,5 нКл

N29



т.к. луч падает под углом 90° то он приповерхности не будет. значит угол падения луча на грань $AC = 15^\circ$, а т.к. угол падения равен углу отражения то $\angle NKA = \angle LKB$; $\angle NKA = 2\alpha = 2 \cdot 15^\circ = 30^\circ$ и $\angle NDK = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

При выходе из прозрачного клина луч света падает под углом углу $\angle KDL = 90^\circ - \angle NDK = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ и показатель преломления клина $n =$

$$n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3} = 1,73$$

Ответ: 1,73

N26

Дано:

$\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}; \Delta t = 70 \text{ с}; N_{t=10} = 10^{20};$
 $\Delta T = 10^\circ \text{ C}$

$m_b = ?$

равно $\frac{Nhc}{\Delta T} \cdot \Delta T$ 2) $Q_b = C m_b \Delta T$ 3) $\frac{Nhc}{\Delta T} \cdot \Delta T = C m_b \Delta T \Rightarrow$
 $m_b = \frac{Nhc}{C \Delta T} = \frac{10^{20} \cdot 2,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 70}{2,3 \cdot 10^{-4} \cdot 4200 \cdot 10} = 0,01 \cdot 10 = 0,1 \text{ кг. Ответ: } m_b = 0,1 \text{ кг.}$

Решение:

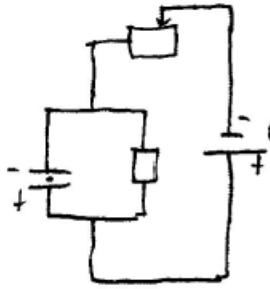
1) Энергия одного фотона равна $h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, тогда энергия источника

за 1 с. равна $\frac{Nhc}{\Delta T}$, а за 70 с.

равно $\frac{Nhc}{\Delta T} \cdot \Delta T = C m_b \Delta T \Rightarrow$

N24 1. При сближении пластин выравн сопротивление увеличится следовательно, по закону Ома для замкнутой цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ сила тока увеличится.

2. ~~Перед~~ Нарисует схему электрическую замкнутой:



т.к. пластин и резистор с двумя параллельными пластинами подключены последовательно сила тока на этих двух участках будет одинаковой. Значит, что на участке резистора и двух параллельных пластин сила тока тоже будет увеличиваться. Следовательно, по закону Ома $U = IR$ напряжение на резисторе и на двух параллельных пластинах увеличится т.к. они подключены параллельно и напряжение у них одинаковое.

3.) На заряженное тело действует сила электрического поля $F_{эл} = qE = qU/d$ (E - напряженность эл. поля / d - расстояние между пластинами. По второму закону Ньютона: $F_{эл} = ma$.
 $qU/d = ma \Rightarrow q = \frac{mad}{U}$ т.к. напряжение увеличивается то ускорение тоже увеличивается

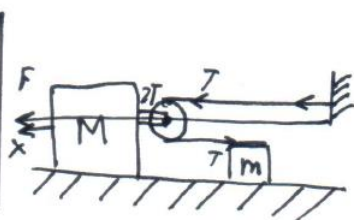
4.) В зависимости от заряда тела, оно будет двигаться вверх или вниз с меньшим ускорением. При положительном q заряде тела, оно будет двигаться вверх с меньшим ускорением или до сдвига ползунка, резистора. При отрицательном заряде тела, оно будет двигаться вниз с меньшим ускорением, тем до сдвига резистора ползунок резистора выравн

N30 Обобщение

1. Будем рассматривать движение тел в системе отсчета, связанной с Землей, которую можно считать инерциальной, т.е. ИСО.
2. Тело и брусок движутся поступательно, поэтому описываем их motion материальной точки независимых от их размеров.
3. Из пунктов 1 и 2 следует, что движение тела и бруска в ИСО, а также их взаимодействие, описывается вторым и третьим законами Ньютона.

Решение

Дано.
 $M = 2 \text{ кг}$
 $m = 0,75 \text{ кг}$
 $F = 10 \text{ Н}$
 $a_M = ?$



1) Запишем Второй закон Ньютона для m и M в векторном виде:

$$\begin{cases} \vec{F} - 2\vec{T} = M\vec{a}_M; \\ T = m\vec{a}_m; \end{cases} \text{ где } F - \text{сила натяжения шнуров}$$

a_M - ускорение M
 a_m - ускорение m

Подставив T в первое уравнение в оси Ox

$$F - 2ma_m = Ma_M$$

Изучив условие я понял, что у нас вычитают в силе в 2 раза, но проиграл в рас-янии и ускорении

Тогда, ~~2~~ $2a_m = a_M$, подставив; имеем:

$$F - \frac{2ma_m}{2} = Ma_m$$

$$a_m = \frac{F}{m+M} = \frac{10}{3,75} \approx 3,64 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

Ответ: $3,64 \text{ м/с}^2$

Оценивание

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

Справочные данные

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санتي	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы	
число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами	
температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц	
электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древеси́ны (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость					
воды	$4,2 \cdot 10^3$	Дж/(кг·К)	алюминия	900	Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$	Дж/(кг·К)	меди	380	Дж/(кг·К)
железа	460	Дж/(кг·К)	чугуна	500	Дж/(кг·К)
свинца	130	Дж/(кг·К)			
Удельная теплота					

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0 °С					
Молярная масса					
азота	$28 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$	кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$	кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$	кг/моль

**Указания по оцениванию развёрнутых ответов участников ЕГЭ
для эксперта, проверяющего ответы на задания 24–30
по физике в 2022 году**

Эксперт, проверяющий задания с развёрнутым ответом, располагает следующими материалами:

- 1) тексты заданий;
- 2) возможные варианты решения задач 24–30;
- 3) критерии оценивания заданий 24–30;
- 4) таблица справочных величин (аналогичная таблицам КИМ ЕГЭ по физике);
- 5) кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике (1 экземпляр на аудиторию);
- 6) рекомендации РПК по учёту в процессе оценивания особенностей заданий, используемых в данном субъекте РФ вариантов КИМ.

При проверке заданий с развёрнутым ответом эксперт имеет право пользоваться **непрограммируемым калькулятором**⁷.

В материалах для экспертов ЕГЭ по физике для каждого задания приводится авторский способ решения. Однако предлагаемый разработчиками КИМ способ (метод) решения не является эталонным. Он лишь помогает эксперту в решении соответствующего задания.

При использовании обобщённой схемы оценивания задания **24** рекомендуется **обращать внимание на следующее**.

1. Перед проведением проверки каждого из заданий необходимо изучить критерии его оценивания в материалах для эксперта, обратив внимание **на возможные отличия от обобщённой схемы оценивания**.
2. При проверке ответов необходимо вычленить в решении **три элемента**:
 - ответ,
 - объяснение ответа (число логических шагов или этапов объяснения),
 - перечень законов, формул и явлений, на которые в объяснении должны быть сделаны указания.

Количество логических шагов в объяснении и перечень законов и явлений зависит от выбранного способа решения. Это необходимо учитывать при выборе критериев для оценивания.

3. Выполнение задания 24 оценивается в 2 балла **только при наличии верного ответа**.
4. Если в задании требуется нарисовать схему электрической цепи или сделать рисунок с ходом лучей в оптической системе, то отсутствие рисунка (или схемы) или наличие ошибки в них приводит к снижению оценки на 1 балл, а наличие только правильного рисунка (схемы) при отсутствии других элементов ответа оценивается в 1 балл. Верными считаются отвечающие требованиям задачи схемы, в которых используются стандартные обозначения элементов электрической цепи.

При использовании обобщённых схем оценивания заданий **25–30** рекомендуется **обращать внимание на следующее**.

1. Решение участника экзамена может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение). В этом случае эксперт оценивает возможность

⁷ Возможность использовать непрограммируемый калькулятор при оценивании экзаменационных работ участников ЕГЭ 2022 г. должна быть закреплена нормативными правовыми актами органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющего государственное управление в сфере образования.

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 принимаются формулы, указанные в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения ЕГЭ по физике. При этом форма записи формулы значения не имеет.
3. Если экзаменуемый использует в процессе решения в качестве одной из исходных формул ту, которая не представлена в кодификаторе, то такая работа оценивается 1 баллом по критерию **отсутствия одной из основополагающих формул** (даже при наличии верного числового ответа).
4. При определении правильности числового ответа необходимо проверить вычисления экзаменуемого при помощи калькулятора. Допускаются округления 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.
5. Если экзаменуемый решает задачу, которая относится к другому варианту, то решение этой задачи оценивается в 0 баллов.

Максимальная оценка за полное верное решение каждой из **задач 25 и 26** составляет **2 балла**.

Решение задач может оцениваться в 1 балл при записи **всех необходимых законов и формул** и наличии преобразований, направленных на решение задачи, а также наличии одного или нескольких недостатков (не описаны вновь вводимые величины, допущены ошибки в преобразованиях или вычислениях и ответе, присутствуют лишние записи).

Максимальная оценка за полное верное решение **задач 27–29** составляет **3 балла**.

1. Решение задач 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.
2. Если математические преобразования, представленные в решении, не отражают основных необходимых логических шагов, то решение оценивается в 2 балла.
3. 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. Ошибка в соотношении длин векторов и отсутствие знака вектора не считаются ошибками.
4. Если в тексте задачи присутствует требование изобразить схему электрической цепи или оптическую схему, то следует обратить внимание на дополнительные условия к выставлению 1 и 2 баллов. Наличие в записи решения только верной схемы электрической цепи или верной оптической схемы оценивается в 1 балл.

Максимальная оценка за полное верное решение **задачи 30** составляет **4 балла**. Решение задачи оценивается по двум независимым критериям: критерий 1 – обоснование физической модели и критерий 2 – математическое решение задачи. По критерию 1 к обоснованию относятся следующие элементы: выбор инерциальной системы отсчёта, модель материальной точки, условия использования законов, необходимых для решения задачи,

рисунок с указанием сил, действующих на тело (если указание на его необходимость имеется в тексте задачи). Для критерия 2 действуют те же рекомендации, что и для заданий 27–29.

В процессе проверки необходимо придерживаться **следующих правил**.

- 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 и т.д. Тем самым обеспечивается более согласованное решение о выставлении баллов за одно и то же задание.
- При работе эксперт выставляет свои оценки в протокол проверки развёрнутых ответов.
- Выставление баллов в протокол проверки развёрнутых ответов рекомендуется проводить по работам: все задания первой проверяемой работы, все задания второй проверяемой работы и т.д. Это позволяет обнаружить ошибки, допущенные экзаменуемым в нумерации задач, а также обнаружить непронумерованную, или пронумерованную неверно, или случайно пропущенную экспертом задачу.
- Результаты оценивания переносятся в протокол проверки развёрнутых ответов, при этом баллы за выполнение каждого задания переносятся в колонку, название которой соответствует номеру задания/критерия оценивания (см. Рисунок 1):
 - баллы за выполнение задания **24** переносятся в колонку **24** протокола;
 - баллы за выполнение задания **25** переносятся в колонку **25** протокола;
 - баллы за выполнение задания **26** переносятся в колонку **26** протокола;
 - баллы за выполнение задания **27** переносятся в колонку **27** протокола;
 - баллы за выполнение задания **28** переносятся в колонку **28** протокола;
 - баллы за выполнение задания **29** переносятся в колонку **29** протокола;
 - баллы за выполнение задания **30, критерий 1** переносятся в колонку **30 К1** протокола;
 - баллы за выполнение задания **30, критерий 2** переносятся в колонку **30 К2** протокола.
- Протокол проверки развёрнутых ответов заполняется гелевой чёрной ручкой.
- Внесение изменений в бланк оценивания крайне нежелательно. Все исправления вносятся в порядке, установленном в субъекте Российской Федерации. Использование замазок и затирок в целях исправления записей недопустимо!

Протокол проверки развернутых ответов



Регион 99
Код предмета 3
ФИО эксперта Фамилия И.О.
Примечание

Название предмета Физика (дата экзамена)

Номер протокола 1000003
Код эксперта 000001

Образец заполнения 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 X

№	Код бланка	Позиции оценивания																	
		24	25	26	27	28	29	30 K1	30 K2										
1	2920300339595	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
4		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
6		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
7		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
8		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
9		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
10		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Дата проверки - -

Подпись эксперта

Рисунок 1. Протокол проверки развёрнутых ответов 2022 г. Образец.

Внимание! При выставлении баллов за выполнение задания в протокол проверки ответов развёрнутых ответов следует иметь в виду, что **если ответ отсутствует** (нет никаких записей, свидетельствующих о том, что экзаменуемый приступал к выполнению задания), то в протокол проставляется «X», а не «0». Если в работе записан только номер задания без попыток его выполнения, то в протокол выставляется «0».

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

Экспертам ПК запрещается:

- иметь при себе средства связи, фото-, аудио- и видеоаппаратуру;
 - копировать и выносить из помещений, в которых работает ПК, экзаменационные работы, критерии оценивания, протоколы проверки экзаменационных работ;
 - разглашать информацию, содержащуюся в указанных материалах.
- Также запрещается:
- без уважительной причины покидать аудиторию;
 - переговариваться с другими экспертами ПК, если речь не идёт о консультировании с председателем ПК или с экспертом ПК, назначенным по решению председателя ПК консультантом.

Если у эксперта возникают вопросы или проблемы, он должен обратиться к председателю ПК или лицу, назначенному председателем предметной комиссии консультантом.