

*Деятельность учителя для
обеспечения качественного
прохождения ЕГЭ*

Каменева Т.А.

Луганск, 16.02.2026

Документы, определяющие содержание КИМ ЕГЭ

Спецификация
контрольных измерительных материалов
для проведения в 2026 году
единого государственного экзамена
по ФИЗИКЕ

Содержание КИМ ЕГЭ определяется на основе федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (ФГОС) (**приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утверждённый приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 № 413»**).

При разработке КИМ ЕГЭ учитывается содержание федеральной образовательной программы среднего общего образования (**приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 371 «Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования» (с изменениями)**).



Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки

ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений»

ФИПИ

Аналитические и методические материалы

Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2025 года



Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки
ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений»

ФИПИ

М.Ю. Демидова, В.А. Грибов

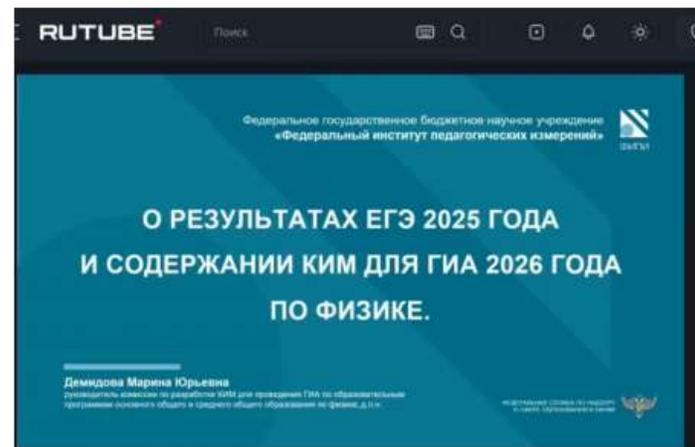
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для учителей, подготовленные
на основе анализа типичных ошибок
участников ЕГЭ 2025 года

по ФИЗИКЕ

Видеоконсультации разработчиков КИМ ЕГЭ

Онлайн-консультации по подготовке к ЕГЭ 2025 года

Демоверсии,
спецификации,
кодификаторы



<https://rutube.ru/video/63787ce5355e3115f3fa8a14883e572e/>

Для предметных комиссий
субъектов РФ

Открытый банк заданий ЕГЭ

Проблемы при подготовке к ЕГЭ

Физика – предмет с «тяжелой» репутацией

Объективные причины:

- 1) Большой объем материала
- 2) Требуется высокий уровень математической подготовки
- 3) Многие изучают физику на базовом уровне (2 часа в неделю), а экзамен профильный

Субъективные причины:

1. Выпускники невнимательно читают текст задачи, не умеют анализировать и проводить аналогию с решенными ранее подобными задачами
2. Выписывая результат верно решенной задачи, выпускник часто нарушает правила заполнения бланков ответов, при проверке компьютером они не засчитываются
3. «Физика» задачи верна, но произведен неверный математический расчет (и далее по критериям...)
4. Многие считают, что задания повышенного и углубленного уровня ориентированы только на сильного ученика, претендующего на высокий балл и не пытаются даже начать решать эти задания

Таблица 2

Распределение заданий экзаменационной работы по частям работы

| Часть работы | Количество заданий | Максимальный первичный балл | Процент максимального первичного балла за задания данной части от максимального первичного балла за всю работу, равного 45 | Тип заданий |
|--------------|--------------------|-----------------------------|--|-----------------------|
| Часть 1 | 20 | 28 | 62 | С кратким ответом |
| Часть 2 | 6 | 17 | 38 | С развёрнутым ответом |
| Итого | 26 | 45 | 100 | |

Таблица 3

Распределение заданий по разделам (темам) курса физики

| Раздел курса физики, включённый в экзаменационную работу | Количество заданий |
|--|--------------------|
| | Вся работа |
| Механика | 8–10 |
| Молекулярная физика | 6–8 |
| Электродинамика | 7–10 |
| Квантовая физика | 2 |
| Итого | 26 |

Таблица 4

Распределение заданий по проверяемым предметным результатам

| Группа предметных результатов обучения | Количество заданий |
|--|--------------------|
| Владение понятийным аппаратом курса физики | 10 |
| Анализ физических процессов и явлений с использованием изученных теоретических положений, законов и физических величин | 8 |
| Решение качественных и расчётных задач | 6 |
| Владение методологическими умениями | 2 |
| Итого | 26 |

Таблица 5

Распределение заданий по уровням сложности

| Уровень сложности заданий | Количество заданий | Максимальный первичный балл | Процент максимального первичного балла за задания данного уровня сложности от максимального первичного балла за всю работу, равного 45 |
|---------------------------|--------------------|-----------------------------|--|
| Базовый | 17 | 22 | 49 |
| Повышенный | 6 | 13 | 29 |
| Высокий | 3 | 10 | 22 |
| Итого | 26 | 45 | 100 |

Соответствие заданий КИМ школьной программе

Таблица 1

Соответствие заданий КИМ ЕГЭ школьной программе

| № задания | Проверяемый элемент содержания в школьной программе 10–11 классов | | Проверяемый элемент содержания в школьной программе 7–9 классов |
|-----------|---|---|--|
| | Базовый уровень | Углублённый уровень | |
| 1 | Равномерное прямолинейное движение. Равноускоренное прямолинейное движение. Кл. 10, п. 115.6.2 | Равномерное прямолинейное движение. Равноускоренное прямолинейное движение. Кл. 10, п. 116.6.2 | Равномерное прямолинейное движение. Равноускоренное прямолинейное движение. Кл. 9, п. 153.5.1 |
| 2 | Второй закон Ньютона. Закон всемирного тяготения. Закон Гука. Сила трения. Кл. 10, п. 115.6.2 | Второй закон Ньютона. Закон всемирного тяготения. Закон Гука. Сила трения. Кл. 10, п. 116.6.2 | Второй закон Ньютона. Закон всемирного тяготения. Закон Гука. Сила трения. Кл. 9, п. 153.5.1 |
| 3 | Импульс материальной точки. Закон сохранения импульса. Кинетическая энергия тела. Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести и упруго деформированного тела. Закон изменения и сохранения механической энергии. Кл. 10, п. 115.6.2 | Импульс материальной точки. Закон сохранения импульса. Кинетическая энергия тела. Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести и упруго деформированного тела. Закон изменения и сохранения механической энергии. Кл. 10, п. 116.6.2 | Импульс материальной точки. Закон сохранения импульса. Кинетическая энергия тела. Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести и упруго деформированного тела. Закон изменения и сохранения механической энергии. Кл. 9, п. 153.5.1 |

Спецификация
контрольных измерительных материалов
для проведения в 2026 году
единого государственного экзамена
по ФИЗИКЕ

По результатам ЕГЭ-2025 выявлены дефициты

- 1) анализировать характер изменения физических величин при изменении объема насыщенного пара;
- 2) проводить комплексный анализ физических процессов:
 - равномерное движение тела по окружности,
 - изменение давления газа в изопроцессах в зависимости от средней кинетической энергии теплового движения молекул,
 - взаимодействие двух неподвижных точечных зарядов,
 - изменение емкости конденсатора при изменении расстояния между его пластинами,
 - возникновение индукционного тока в катушке при изменении тока в катушке на том же сердечнике;
- 3) решать расчетные задачи повышенного уровня сложности;**
- 4) решать качественные задачи;**
- 5) решать расчетные задачи высокого уровня сложности**



Навигатор подготовки

Навигатор самостоятельной подготовки к ЕГЭ

Навигатор самостоятельной подготовки к ОГЭ

Навигатор подготовки

II. Подготовка по темам:

- Механика (pdf)
- Молекулярная физика и термодинамика (pdf)
- Электродинамика: электрическое поле, законы постоянного тока, магнитное поле (pdf)
- Электродинамика: электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика (pdf)
- Квантовая физика. Задания на проверку методологических умений (pdf)
- Тренировочные задания (pdf)

Какие позиции кодификатора элементов содержания проверяет

Что нужно знать/уметь по теме

Где взять информацию по теме

Уроки «Российской электронной школы»

Физика. 11 класс, уроки 5-18.
<https://resh.edu.ru/subject/28/10/>

Задание 14
C9D8FE
E51107
C8E57E
67371F

9-12 заданий по каждому вопросу

Какие задания открытого банка выполнить для тренировки

- Русский язык
- Математика
- Физика

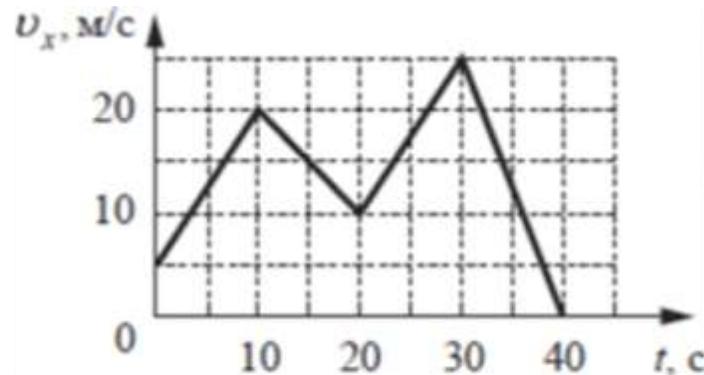
Задание 1 проверяет умение определять скорость, ускорение и пройденный путь по соответствующим графикам для равномерного и равноускоренного движений.

Разделы физики: кинематика

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 1 балл

Задание 1. На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Определите проекцию a_x ускорения тела в интервале времени от 10 до 20 с. Ответ запишите с учётом знака проекции.



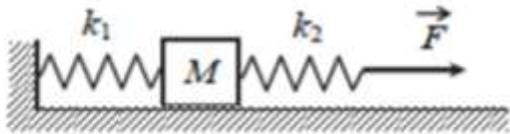
$$a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{-10}{10} = -1 \text{ м/с}^2$$

Ответ: _____-1_____м/с²

Задание 2 проверяет понимание второго закона Ньютона, закона Гука и формулы для силы трения
Разделы физики: динамика

Уровень сложность: базовый
Максимальный балл: 1 балл

Задание 2. К системе из кубика массой 2 кг и двух невесомых пружин приложена постоянная горизонтальная сила F (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 400$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 800$ Н/м. Удлинение второй пружины равно 2 см. Определите модуль силы F .



$$F = k\Delta x = 800 \cdot 0,02 = 16 \text{ Н}$$

Ответ: 16 Н.

2. Расстояние от искусственного спутника до поверхности Земли равно двум радиусам Земли. Во сколько раз увеличится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до поверхности Земли станет равным одному радиусу Земли?

Ответ: 2,25 .

Задание 3 проверяет элементы темы «Законы сохранения в механике»: импульс тела, закон сохранения импульса, работа силы, кинетическая и потенциальная энергии, закон сохранения энергии в механике.
Разделы физики: законы сохранения в механике

3. При равномерном прямолинейном перемещении саней по горизонтальному участку пути на 50 м постоянная горизонтально направленная сила тяги совершает работу 500 Дж. Какова сила трения?

Ответ: _____10_____ Н

$$A = F * S * \cos\alpha,$$

$$F = \frac{A}{S} = \frac{500}{50} = 10 \text{ Н}$$

3. Шарик массой 0,2 кг падает с некоторой высоты с начальной скоростью, равной нулю. Его кинетическая энергия при падении на землю равна 24 Дж. С какой высоты упал шарик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____12_____ м

Задание 4 проверяет знание формул для момента сил, периодов колебаний маятников, скорости звука, условия равновесия твердого тела и закона Архимеда

4. Массивный шарик, подвешенный на лёгкой пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Во сколько раз нужно увеличить массу шарика, чтобы период колебаний увеличился в 1,5 раза?

Ответ: __в__ **2,25** _____ раза

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \quad T_2 = 1,5T_1, \quad \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = 1,5, \quad m_2 = 2,25m_1$$

Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 50 Н/м, совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Пружину какой жёсткости надо взять вместо этой пружины, чтобы период свободных вертикальных колебаний этого груза стал в 2 раза меньше?

Ответ: _____ **200** _____ Н/м.

- Сильная группа – 94%, слабая группа – 13%
- Причина – формула!
- 21% - ответ 100 (без квадратного корня)
- 17% - ответы 25 или 12,5

Задание 5 проверяет умение анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики

Разделы физики: механика

Уровень сложность: повышенный, **Максимальный балл:** 2 балла

5. Грузовик массой 10 т проезжает верхнюю точку выпуклого моста, радиус кривизны которого равен 80 м, двигаясь равномерно со скоростью 72 км/ч. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие движение грузовика.

- 1) Сила, с которой мост действует на грузовик, меньше 40 кН и направлена вертикально вверх.
- 2) Сумма сил, действующих на грузовик, направлена вертикально вверх и перпендикулярна его скорости.
- 3) Сила, с которой грузовик действует на мост, направлена вертикально вниз и равна 50 кН.
- 4) Сила тяжести, действующая на грузовик, равна 10 кН.
- 5) Центробежное ускорение грузовика равно 5 м/с^2 .

Ответ: _____**35**_____

Задание 6 проверяет умение анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы. Задание на определение характера изменения физической величины в описанном процессе по всем темам механики.

Разделы физики: механика

Уровень сложность: базовый, **Максимальный балл:** 2 балла

6. На поверхности воды плавает прямоугольный брусок из древесины плотностью 400 кг/м^3 .

Брусок заменили на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 600 кг/м^3 . Как при этом изменились глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Глубина погружения бруска | Сила Архимеда |
|---------------------------|---------------|
| 3 | 3 |

Задание 7 проверяют элементы МКТ (связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его молекул, уравнение $p = nkT$, уравнение Менделеева – Клапейрона, выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа и изопроцессы)

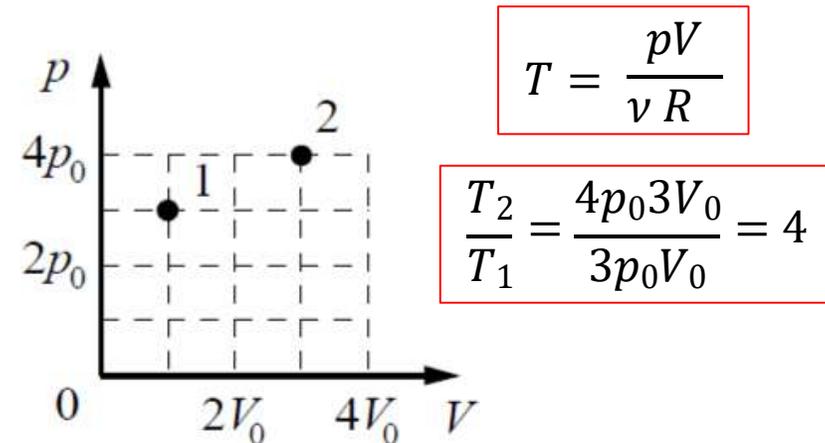
Разделы физики: молекулярная физика

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 1 балл

7. В сосуде под поршнем находится некоторое постоянное количество идеального газа. Во сколько раз увеличится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?

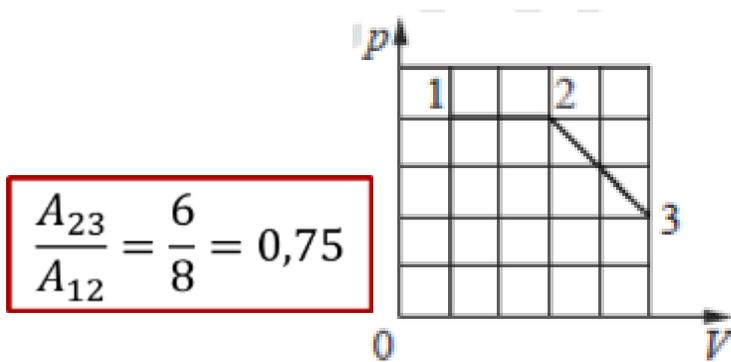
Ответ: в 4 раз(а).



Задание 8 проверяют элементы термодинамики (работа в термодинамике, первый закон термодинамики, КПД тепловых машин)

Разделы физики: термодинамика

Уровень сложность: базовый, **Максимальный балл:** 1 балл



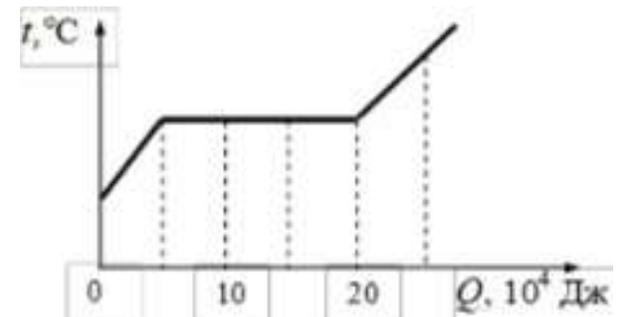
$$\frac{A_{23}}{A_{12}} = \frac{6}{8} = 0,75$$

8. На рисунке показано, как меняется давление идеального газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Чему равно отношение работ газа 23 к работе 12 в этих двух процессах?

Ответ: _____ **0,75** _____.

8. На рисунке показан график изменения температуры вещества t по мере поглощения им количества теплоты Q . Вещество находится в сосуде под поршнем. Масса вещества равна 500 г. Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота парообразования вещества?

Ответ: _____ **300** _____ кДж/кг



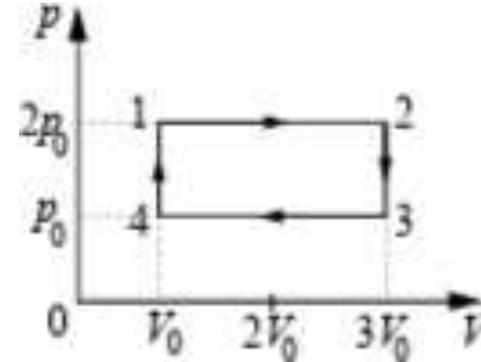
Задание 9 проверяет умение анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики

Разделы физики: молекулярная физика и термодинамика

Уровень сложности: повышенный

Максимальный балл: 2 балла

9. Один моль аргона является рабочим телом в тепловом двигателе, который работает по циклу, показанному на рисунке в переменных p – V (p – давление аргона; V – его объём). Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие работу двигателя.



- 1) Аргон получает положительное количество теплоты от нагревателя только в процессе 1–2.
- 2) В процессе 3–4 внутренняя энергия аргона не изменяется.
- 3) Работа аргона за цикл равна $2p_0V_0$.
- 4) Максимальная абсолютная температура аргона в цикле в 6 раз больше минимальной.
- 5) В процессе 4–1 аргон отдаёт холодильнику положительное количество теплоты.

Ответ: _____ **34** _____

Задание 10 проверяет умение анализировать изменения физических величин в описанных процессах. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы

Разделы физики: молекулярная физика и термодинамика

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 2 балла

10. В цилиндрическом сосуде под герметичным поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения. Газ в сосуде нагревают. Как изменяются в результате нагревания давление газа и концентрация его молекул? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Давление газа | Концентрация молекул газа |
|---------------|---------------------------|
| 3 | 2 |

Задание 11 проверяет из электростатики только закон Кулона, а из темы «Постоянный ток» – сила тока, закон Ома для участка цепи, работа и мощность тока, закон Джоуля–Ленца

Разделы физики: электрическое поле, законы постоянного тока

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 1 балл

11. Силы электростатического взаимодействия между двумя точечными неподвижными заряженными телами равны по модулю 50 мН. Каким станет модуль этих сил, если заряд одного из тел увеличить в 2 раза?

Ответ: _____ **100** _____ мН

$$F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 50 \text{ мН}, \quad F_2 = k \frac{2q_1 q_2}{r^2} = 100 \text{ мН}$$

Задание 12 проверяет темы «Магнитное поле» (только сила Ампера и сила Лоренца) и темы «Электромагнитная индукция» (закон электромагнитной индукции Фарадея, индуктивность и энергия магнитного поля катушки с током).

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 1 балл

12. Проволочная рамка вращается в постоянном однородном магнитном поле вокруг оси, перпендикулярной вектору магнитной индукции. Ось вращения лежит в плоскости рамки. Магнитный поток, пронизывающий поверхность, которая ограничена рамкой, изменяется по закону $\Phi = 4 \cdot 10^{-7} \cos(100\pi t)$, где все величины выражены в СИ. Модуль вектора магнитной индукции равен 2 мТл. Определите площадь рамки.

Ответ: _____ **2** _____ см² _

$$BS = 4 \cdot 10^{-7}, \quad S = \frac{4 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

В задании 13 могут встретиться задания на определение периода и / или частоты свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, закон отражения света для плоского зеркала или на построение изображения в собирающей линзе.

Разделы физики: электромагнитные колебания, оптика

13. На шахматной доске на расстоянии трёх клеток от вертикального плоского зеркала стоит ферзь. На сколько уменьшится расстояние между ферзём и его изображением, если его придвинуть к зеркалу на две клетки?

Ответ: на _____**4**_____ клеток(-ки).

$d = 3$ клетки, расстояние до изображения = 6 клеток

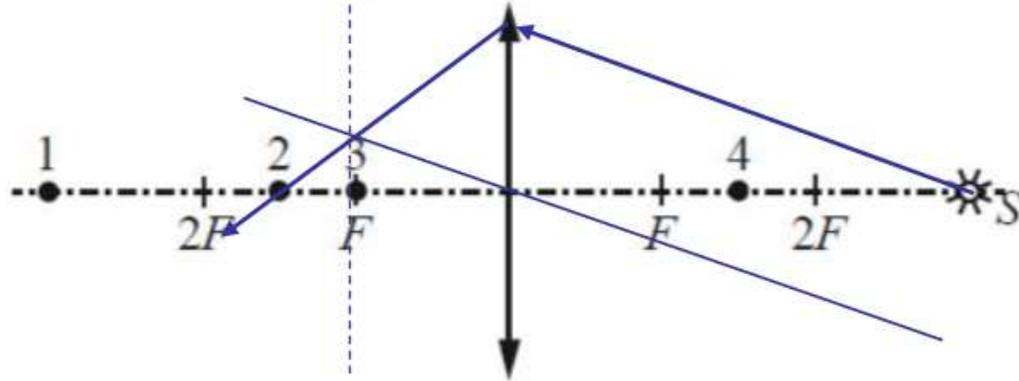
$d = 1$ клетка, расстояние до изображения 2 клетки, Расстояние уменьшилось на 4 клетки.

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 1 балл

Задание 13

13. С помощью тонкой собирающей линзы было получено изображение светящейся точки S . Фокусное расстояние линзы равно F . В какой из точек 1, 2, 3 или 4, показанных на рисунке, получается это изображение?



Ответ: точка 2.

Всегда поможет четкое знание характера изображений в линзах при различных расположениях источника относительно оптического центра линзы

Задание 14 проверяет умение анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики

Разделы физики: *электромагнетизм и оптика*

Уровень сложность: *повышенный*

Максимальный балл: *2 балл*

14. В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, происходят свободные электромагнитные колебания. Изменение заряда конденсатора в колебательном контуре с течением времени:

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|---|-------|----|-------|---|------|---|------|
| $t, 10^{-6} \text{ с}$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $q, 10^{-9} \text{ Кл}$ | 1 | 0,71 | 0 | -0,71 | -1 | -0,71 | 0 | 0,71 | 1 | 0,71 |

Выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в контуре.

- 1) Период колебаний равен $8 \cdot 10^{-6}$ с.
- 2) Частота колебаний равна 250 кГц.
- 3) В момент времени $t = 2 \cdot 10^{-6}$ с модуль силы тока в катушке индуктивности максимален.
- 4) В момент времени $t = 8 \cdot 10^{-6}$ с энергия магнитного поля катушки индуктивности максимальна.
- 5) В момент времени $t = 4 \cdot 10^{-6}$ с энергия электрического поля конденсатора минимальна.

Ответ: _____ **13** _____.

Задание 15 проверяет умение анализировать изменения физических величин в описанных процессах или находить соответствия.

Разделы физики: электромагнетизм и оптика

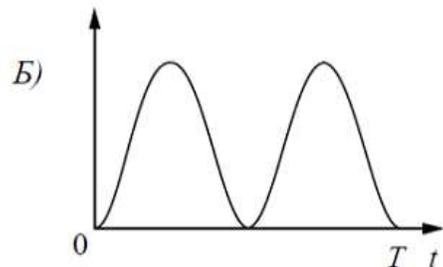
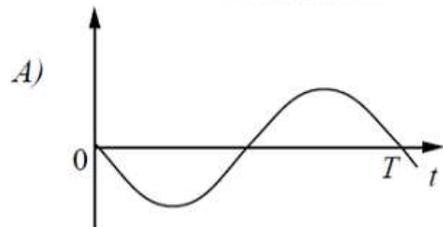
Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 2 балла

15. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. Напряжение между обкладками конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой $U(t) = U_m \cdot \cos \omega t$. Приведённые ниже графики А и Б представляют зависимость физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре, от времени t (T – период колебаний).

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



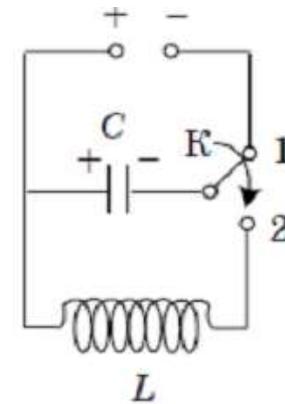
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд одной из обкладок конденсатора

Ответ: _____ **12** _____

Задание 15

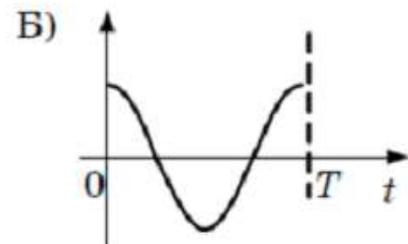
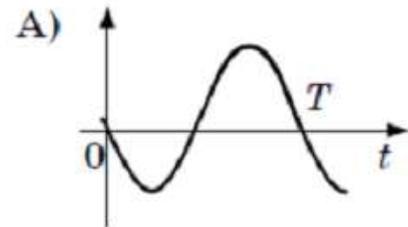
Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. Приведённые ниже графики А) и Б) представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого (T — период электромагнитных колебаний в контуре).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд на левой обкладке конденсатора

Ответ:

| А | Б |
|---|---|
| 1 | 4 |

Графика энергии в ответах нет!

Левая обкладка конденсатора при $t=0$ заряжена положительно максимальным зарядом

Сила тока в начальный момент времени равна 0.

Задание 16 умения определять строение атома и атомного ядра, а также неизвестные параметры в ядерных реакциях

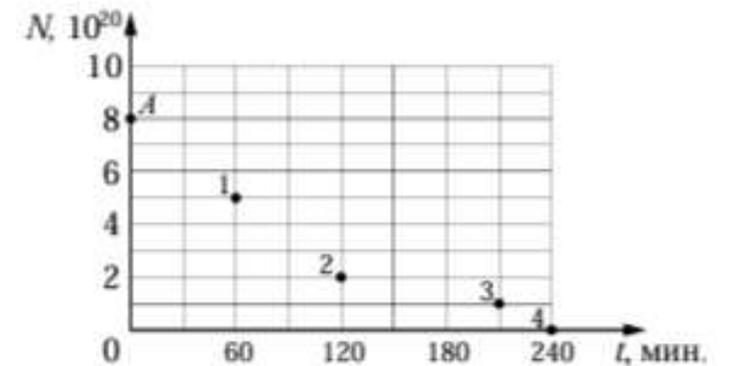
Разделы физики: квантовая физика

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 1 балл

16. Ядра нептуния испытывают β -распад с периодом полураспада 60 мин. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер нептуния. Через какую из точек, кроме точки А, пройдёт график зависимости от времени числа ядер радиоактивного нептуния в образце?

Ответ: через точку 2



В результате ядерной реакции ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^4_2\text{He}$ образуется ядро химического элемента ${}^A_Z\text{X}$. Каково массовое число А образовавшегося ядра X?

Ответ: _____.

$$A = 6 + 2 - 4 = 4$$

Задание 17 Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы

Разделы физики: квантовая физика

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 2 балла

На металлическую пластинку (катод) установки для исследования фотоэффекта направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его длины волны. Как изменятся в результате этого модуль запирающего напряжения и максимальная скорость фотоэлектронов? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Модуль запирающего напряжения | Максимальная скорость фотоэлектронов |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 3 | 3 |

Интенсивность лазерного излучения связана только с числом фотонов и соответствующим числом выбитых из катода фотоэлектронов

Задание 17. Анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в курсе физики. Применять при описании физических процессов и явлений величины и законы

Разделы физики: квантовая физика

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 2 балла

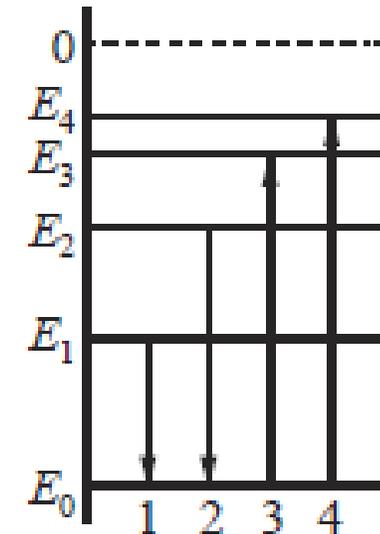
На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с излучением света с наибольшей длиной волны и поглощением света с наименьшей энергией?

| ПРОЦЕССЫ | ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ |
|--|-------------------------|
| А) излучение света с наибольшей длиной волны | 1) 1 |
| Б) поглощение света с наименьшей энергией | 2) 2 |
| | 3) 3 |
| | 4) 4 |

Ответ: **13**

2. Энергия испускается или поглощается при переходе электрона из одного состояния в другое:

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_n - E_k.$$



Задание 18 проверяет умение правильно трактовать физический смысл изученных физических величин, законов и закономерностей.

Разделы физики: механика, молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, квантовая физика. **Интегрированный характер.** **Уровень сложность:** базовый

Максимальный балл: 2 балла

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Модуль сил гравитационного взаимодействия двух материальных точек обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.
- 2) Давление насыщенного пара увеличивается с ростом абсолютной температуры пара и не зависит от его объёма.
- 3) В однородном электростатическом поле работа силы электростатического поля по перемещению заряда между двумя точками прямо пропорциональна длине траектории.
- 4) При переходе электромагнитной волны из оптически менее плотной в оптически более плотную среду частота волны остаётся неизменной.
- 5) При распространении света проявляются только его корпускулярные свойства, а при взаимодействии с веществом – только волновые.

Ответ 124 (2 балла) – 22%

Ответ 14 и 134 – 30%

Ответ 1 суммарно
записали 60%

Ответ: _____124_____.

Задание 19 проверяет умение определять показания измерительных приборов

Разделы физики: механика, молекулярная физика и термодинамика, электродинамика

Уровень сложности: базовый

Максимальный балл: 1 балл

Определите силу тока в лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



Ответ: _____ (0,6 ± 0,1) А _____

Задание 20 проверяет умение планировать эксперимент, отбирать оборудование для проведения опыта.

Разделы физики: механика, молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, квантовая физика.

Уровень сложность: базовый

Максимальный балл: 1 балл

Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его диаметра ученику выдали пять проводников, изготовленных из разных материалов, различных длины и диаметра (см. таблицу). Какие два проводника из предложенных необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

| № проводника | Длина проводника | Диаметр проводника | Материал |
|--------------|------------------|--------------------|----------|
| 1 | 10 м | 1,0 мм | медь |
| 2 | 10 м | 0,5 мм | медь |
| 3 | 20 м | 1,0 мм | медь |
| 4 | 5 м | 1,0 мм | алюминий |
| 5 | 10 м | 0,5 мм | алюминий |

В ответе запишите номера выбранных проводников.

Ответ: ___12___

Часть 2 работы посвящена решению задач.

В этой части **шесть** различных задач:

- одна качественная задача с развёрнутым ответом,
- две расчётных задачи повышенного уровня с развёрнутым ответом
- три расчётных задачи с развёрнутым ответом высокого уровня сложности.

По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом:

- 2** задачи по механике,
- 2** задачи по молекулярной физике и термодинамике
- 2** задачи по электродинамике.

| № задания | Проверяемые требования к предметным результатам освоения основной образовательной программы | Код проверяемого требования | Код контролируемого элемента содержания (по кодификатору) | Уровень сложности | Макс. балл за задание |
|----------------|--|-----------------------------|---|-------------------|-----------------------|
| Часть 2 | | | | | |
| 21 | Решать качественные задачи, использующие типовые учебные ситуации с явно заданными физическими моделями | 6 | 2, 3 | П | 3 |
| 22 | Решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного раздела курса физики | 5 | 1 | П | 2 |
| 23 | Решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного раздела курса физики | 5 | 2, 3 | П | 2 |
| 24 | Решать расчётные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики | 5 | 2 | В | 3 |
| 25 | Решать расчётные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики | 5 | 3 | В | 3 |
| 26 | Решать расчётные задачи с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики, обосновывая выбор физической модели для решения задачи | 5 | 1.1–1.4 | В | 4 |

Часть 2 работы посвящена решению задач.

В этой части **шесть** различных задач:

- одна качественная задача с развёрнутым ответом,
- две расчётных задачи повышенного уровня с развёрнутым ответом
- три расчётных задачи с развёрнутым ответом высокого уровня сложности.

Задание 21

Молекулярная физика

Качественные задачи на изопроцессы с использованием графиков можно разделить на три группы:

- 1) анализ вида графика и определение изменения параметров газа (давления, объема, абсолютной температуры или внутренней энергии), не отраженных на графике;
- 2) анализ вида графика и применение к каждому изопроцессу первого закона термодинамики (определение того, получал или отдавал газ количество теплоты в этом процессе, совершал ли работу);
- 3) перестроение предложенного графика из одних координат в другие (для координат $p-V$ еще и сравнение работ газа на разных участках).

1. Вид графика.

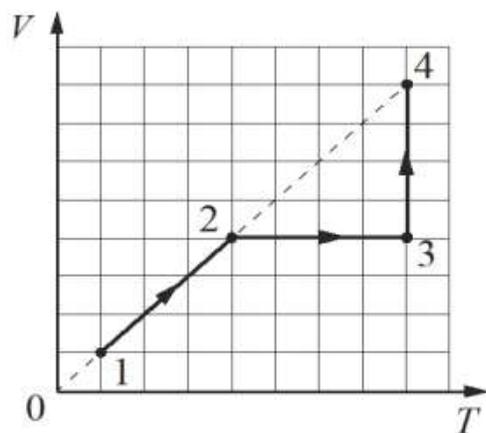
- График может быть представлен в схематичном виде. В этом случае можно говорить просто про изменение величин: уменьшается, увеличивается, не изменяется.
- График может быть представлен с учетом указания координат параметров начала и конце каждого изопроцесса или с учетом сетки на графике, при помощи которой определяется, во сколько раз изменяются величины, соответствующие координатам графика. В этом случае нужно говорить об изменении величин с учетом предложенных значений, т.е. изменяется во сколько-то раз.

2. Способ объяснения.

- Для объяснения можно использовать газовые законы, в этом случае нужно записывать соответствующий закон для каждого участка графика и не ошибаться в названиях законов (если они используются). Можно использовать уравнение Клапейрона–Менделеева; в этом случае достаточно один раз записать соответствующую формулу и обязательно указать, какие параметры не изменяются (как правило, это количество вещества).
- Для изопроцессов, аналогичных 1–2 на графике, в примере обязательно нужно дополнительное обоснование о том, что график процесса лежит на прямой, проходящей через начало координат, поэтому соответствует такому-то изопроцессу по такому-то закону.

Задание 21. Пример 1

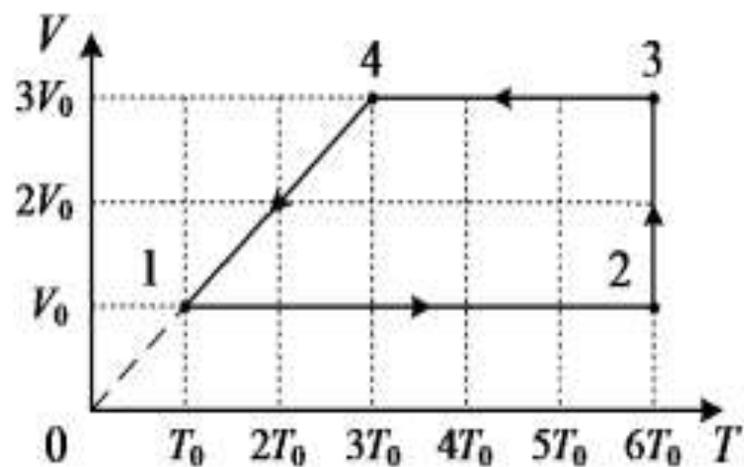
На V - T -диаграмме показано, как изменялись объём и абсолютная температура некоторого постоянного количества одноатомного разреженного газа при его переходе из начального состояния 1 в состояние 4. Как при этом изменялись давление газа p на каждом из трёх участков: 1–2, 2–3, 3–4 (увеличивались, уменьшались или же оставались постоянными)? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



1. Из уравнения Клапейрона – Менделеева $pV = \nu RT$ следует, что на участке 1–2 процесс является изобарным, поскольку график процесса 1–2 лежит на прямой, проходящей через начало координат ($V = \frac{\nu R}{p}T, \nu = \text{const}$); следовательно, давление газа остается постоянным.
2. На участке 2–3 процесс является изохорным, $V = \text{const}, \nu = \text{const}$. Так как абсолютная температура газа увеличивается, значит, и давление газа увеличивается.
3. На участке 3–4 процесс является изотермическим ($T = \text{const}, \nu = \text{const}$). Объём газа увеличивается, значит, давление газа уменьшается.

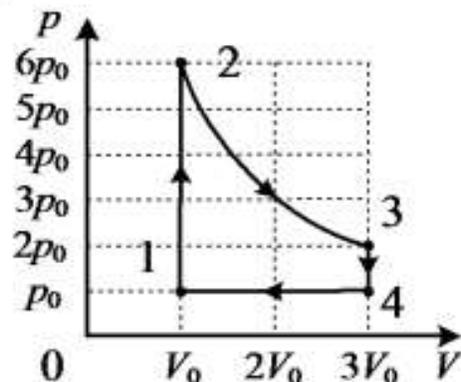
Задание 21. Пример 2

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



Возможное решение

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



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

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

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

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

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

Таким образом, $A_{23} > A_{41\text{Вн}}$

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

Задание 21. Пример 2. Работа 1

Построим график цикла в координатах pV

По уравнению Менделеева-Клапейрона:
 $pV = \nu RT$

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

Если в процессе 2-3 $p_1 = p_0$, то $V_2 = 3V_0$

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

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

Из уравнения Менд-Клапейрона: $p_2 V_0 = p_1 V_0 = \nu R (T_2 - T_1)$

Рассм. процесс 2-3: $T = \text{const} \Rightarrow \Delta U_{23} = 0$

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

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

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

Заметим, что модуль работы газа равен площади под графиком

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

$A_{\text{вн. см.}} = -A_{\text{газа}} \Rightarrow |A_{\text{вн. см.}}| = |A_{\text{газа}}|$

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

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

Работа оценивается в 3 балла.

Задание 21. Пример 2. Работа 2

1) Отношение модуля работы газа в $z-3$ к модулю работы внешних сил $\overset{6}{\text{на}} \overset{4}{\text{в}}$ равно:

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

2) Построим график цикла в координатах $P-V$.

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

Запишем Σ закон термодинамики для процесса $z \rightarrow 3$

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

т.к. $\Delta T_{23} = 0$, $\Delta U_{23} = 0$ - изменение внутренней энергии.

$$Q_{23} = |A_{23}|, |A_{23}| = (3P_0 - 2P_0)(3V_0 - V_0) = 8P_0V_0 \quad (1)$$

3) Запишем Σ закон термодинамики для процесса $4 \rightarrow 1$.

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

Работу внешних сил на участке $4 \rightarrow 1$ можно найти через площадь фигуры под графиком.

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

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

В рассуждениях верно указаны виды всех изопроцессов, но **не приведены обоснования.**

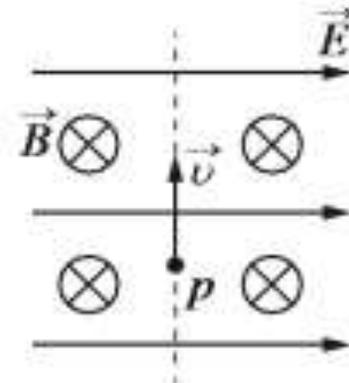
При определении работы на участке 2-3 допущена ошибка, что привело к формулировке **неверного ответа.**

Работа оценивается в 1 балл.

Задание 21. Пример 3

Электродинамика

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.

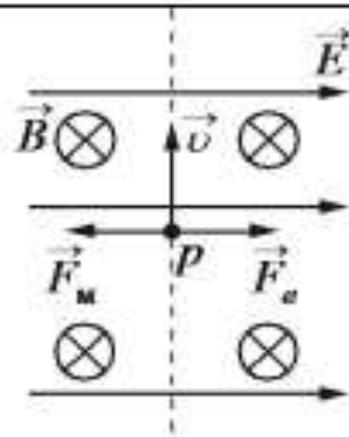


Возможное решение

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



Задание 21. Пример 3

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|--|-------|
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: что траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо, п. 1) и полное верное объяснение (в данном случае: п. 2 и 3) с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <u>формулы расчёта сил действия на заряженную частицу электрического и магнитного полей, правило левой руки, второй закон Ньютона</u>)</p> | 3 |
| <p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p> | 2 |

Задание 21. Пример 3

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

Задание 21. Пример 3. Работа 1

За проток заряда q 2 сил. (сила со стороны электрического поля направлена вправо и ? сила со стороны магнитного поля направлена влево. При увеличении напряжённости электрического поля сила направленная вправо возрастает так как эта сила прямо пропорциональна напряжённости. Сила со стороны магнитного поля не изменяется так как она не зависит от напряжённости. В итоге сила электрического поля перевесит и проток будет отклоняться вправо.

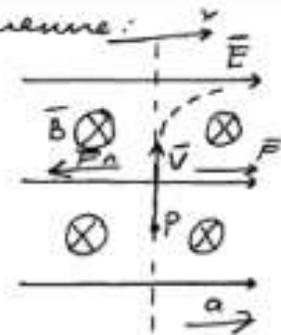
Приведён **верный ответ**, присутствуют **верные рассуждения** и словесные указания на зависимость (независимость) сил от напряжённости электрического поля. Правило левой руки в явном виде не названо, но верно применено при определении направления сил. **Отсутствует объяснение первоначального прямолинейного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

Работа оценивается в 2 балла.

Задание 21. Пример 3. Работа 2

Дано:
 $\vec{E}, \vec{B} \quad \vec{E} \perp \vec{B}$
 $\vec{v} \perp \vec{E}, \vec{v} \perp \vec{B}$
 Р движтс прямолинейно
 $\vec{E} \uparrow$

Решение:



$\vec{F}_\perp = q \vec{B} \vec{v} \sin \alpha$
 По правилу левой руки: могуту узнать, что F_\perp направлено влево
 $\vec{v} \perp \vec{B}$ по условию, а $\sin \alpha = 1$

$\Rightarrow \vec{F}_\perp = q \vec{B} \vec{v}$
 По третьему закону Кирхгофа если сила $\vec{F} = \vec{F}_\perp$

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

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

Значит по 2-ому закону Ньютона появится ускорение сонаправленное с F
 $F - F_\perp = m \ddot{a}$, а значит при этом после увеличения напряженности будет двигаться по параболе вправо.

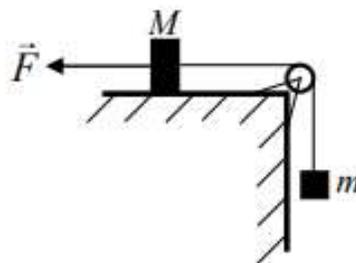
Ответ, полученный в работе, **неверен**, поскольку указано, что частица будет **двигаться по параболе**. В работе есть верные рассуждения, приводящие к ответу. Верно указаны необходимые формулы и правила, но в формуле для силы, действующей на частицу **со стороны электрического поля, допущена ошибка**.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

Задание 22 и 23 представляют собой расчетные задачи повышенного уровня сложности, которые оцениваются в 2 балла.

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

Задание 22

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). Вторым 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, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *второй закон Ньютона, формула для силы трения скольжения*);

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

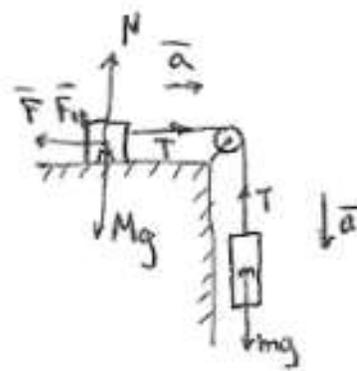
2

Задание 22. Пример 1. Работа 1

Дано:

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

$F = ?$



Сформулируем силы на осм (3. Ньютона)

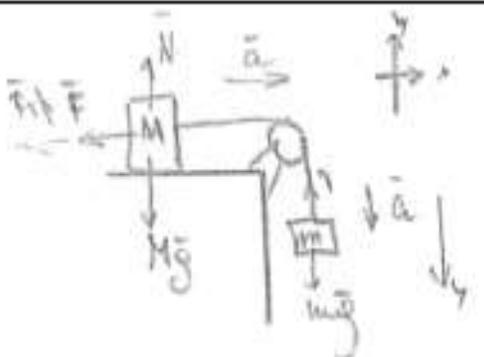
$$\begin{cases} F_{\text{тр}} = \mu N \\ N = Mg - \text{на } ay \\ T - F - F_{\text{тр}} = Ma \\ mg - T = ma \end{cases}$$
$$Ma + ma = mg - F - F_{\text{тр}}$$
$$F = mg - \mu Mg - Ma - ma = 0,8 \text{ Н}$$

Ответ: 0,8 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.

Задание 22. Пример 1. Работа 2

| | |
|------------------------------|--|
| Дано: | Решение: |
| $\eta = 0,8 \text{ к}\Omega$ | Тело m : $\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$ $Oy: mg - T = ma$ |
| $m = 0,5 \text{ кг}$ | Тело M : $\vec{F} + \vec{N} + \vec{Mg} = m\vec{a}$ $Ox: T - F - F_{\text{тр}} = Ma$ |
| $a = 2 \text{ м/с}^2$ | $Oy: N = Mg$ |
| $\mu = 0,2$ | $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$ |
| $ F = ?$ | $F = mg - ma - \mu Mg - Ma = 0,5 \cdot 8 - 0,8 \cdot (0,2 \cdot 10 - 2) = 4 \text{ Н}$ |
| | 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.

Задание 23. Пример 1.

Заряженная частица с массой $m = 1,6 \cdot 10^{-25}$ кг и зарядом q движется по окружности радиусом $R = 0,4$ м перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного магнитного поля с индукцией $B = 0,5$ Тл. Кинетическая энергия частицы $W = 8 \cdot 10^{-14}$ Дж. Найдите заряд данной частицы, считая его положительным. Релятивистскими эффектами пренебречь.

1. По второму закону Ньютона сила Лоренца определяет центростремительное ускорение частицы при её движении по окружности в магнитном поле:

$$F_{\text{л}} = ma_{\text{ц}}, F_{\text{л}} = qBv, a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}, \quad (1)$$

где $F_{\text{л}}$ – сила Лоренца, $a_{\text{ц}}$ – центростремительное ускорение, v – линейная скорость частицы.

2. Кинетическая энергия частицы:

$$W = \frac{mv^2}{2}. \quad (2)$$

Объединив формулы (1) и (2), получим:

$$q = \frac{\sqrt{2mW}}{RB} = \frac{\sqrt{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-25} \cdot 8 \cdot 10^{-14}}}{0,4 \cdot 0,5} = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Ответ: $q = 8 \cdot 10^{-19}$ Кл

Задание 23. Пример 1. Работа 1

формулы силы Лоренца, кинетической энергии и центростремительного ускорения, второй закон Ньютона);

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

Дано:

$$m = 1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$R = 0,4 \text{ м}$$

$$\angle \alpha = 90^\circ$$

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$W_k = 8 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$$

$$q = ?$$

~~№23~~ Решение:

$$F_{\text{ц}} = ma$$

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$W_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2W_k}{m}}$$

$$a = \frac{2W_k}{mR}$$

$$F_{\text{л}} = B \cdot v \cdot q \cdot \sin \alpha$$

$$B \cdot v \cdot q \cdot \sin \alpha = m \cdot \frac{2W_k}{mR}$$

$$q = \frac{m \cdot \sqrt{\frac{2W_k}{m}}}{R \cdot B \cdot \sin \alpha} = \frac{1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-14}}{1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг}}}}{0,4 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ Тл} \cdot 1} = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Ответ: $8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

N² 23

Задание 23. Пример 1. Работа 2

Дано

$$m = 1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$R = 0,4 \text{ м}$$

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$W = 8 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$$

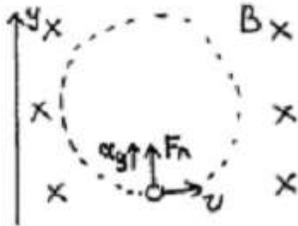
q = ?

Решение:

Кинетическая энергия частицы $W = \frac{mv^2}{2}$, где v - скорость движения частицы $v = \sqrt{\frac{2W}{m}}$.

Частица движется по окружности, так как перпендикулярно к направлению её скорости направлена сила Лоренца (по правилу

левой руки). Сделаем рисунок



2 закон Ньютона $\vec{F}_n = m\vec{a}_y$, на θ_y $F_n = ma_y$, где F_n - сила Лоренца, a_y - центростремительное ускорение

Из законов движения по окружности $a_y = \frac{v^2}{R}$, получаем

$$a_y = \frac{2W}{mR}$$

$$F_n = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow qvB \sin \alpha = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow q = \frac{mv}{B \sin \alpha R}, \text{ где } \sin \alpha - \text{угол}$$

между линией магнитной индукции B и направлением движения частицы, где по условию $\alpha = 90^\circ$, $\sin 90^\circ = 1$, получаем

$$q = \frac{m \cdot \sqrt{\frac{2W}{m}}}{B R} = \frac{\sqrt{2Wm}}{B \cdot R} = \frac{\sqrt{2 \cdot 8 \cdot 10^{-14} \cdot 1,6 \cdot 10^{-25}}}{0,5 \cdot 0,4} = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Ответ $8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Задание 23. Пример 1. Работа 3

23.

Дано:

$$m = 1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$R = 0,4 \text{ м}$$

$$\vec{B} \perp \vec{v}$$

$$B = 0,5 \text{ Тл}$$

$$W_k = 8 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$$

$$q = ?$$

$$q = \frac{m \cdot \sqrt{\frac{2W_k}{m}}}{BR} =$$

21

Решение:

по II Закону

Кьютона:

$$\vec{R} = m \vec{a}_{y.c.}$$

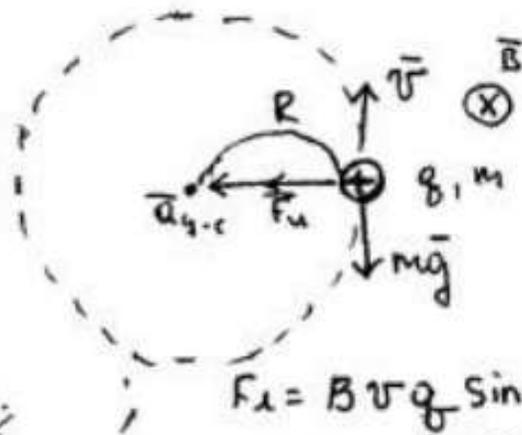
$$\vec{F}_x = m \vec{a}_{y.c.}$$

$$\text{OX: } F_x = m a_{y.c.}$$

$$B v q = m \frac{v^2}{R}$$

$$B q = \frac{m v}{R}$$

$$1,6 \cdot 10^{-25} \cdot 0,5 \cdot q = \frac{1,6 \cdot 10^{-25} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-14}}{1,6 \cdot 10^{-25}}}}{0,4}$$



$$F_x = B v q \sin \alpha; \alpha = \angle(\vec{B}, \vec{v}), \text{ т.к. } \vec{B} \perp \vec{v}, \text{ то } \alpha = 90^\circ, \sin 90^\circ = 1 \Rightarrow F_x = B v q$$

$$a_{y.c.} = \frac{v^2}{R} \quad W_k = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2W_k}{m}}$$

$$q = \frac{m v}{B R} = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\vec{F}_x \uparrow \vec{a}_{y.c.} \Rightarrow$$

\Rightarrow по правому левоу

руку, зная направление

F_x и v , определим, что

B направлена в м.к.в.

Ответ: $q = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

Задание 24

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|--|-------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>перечисляются законы и формулы</i>)³;</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>)⁴;</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p> | 3 |

Задание 24

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)

Задание 24

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.

1

Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.

ИЛИ

В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

ИЛИ

В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи

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

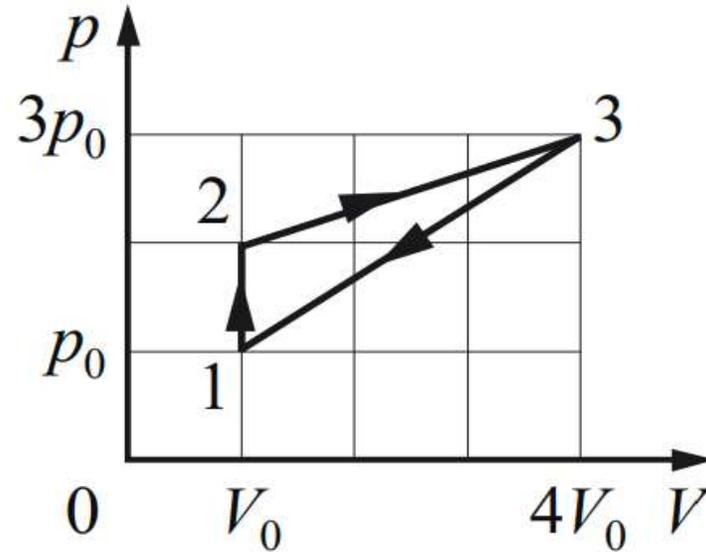
0

Максимальный балл

3

Задание 24. Пример 1

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



Задание 24. Пример 1

Возможное решение

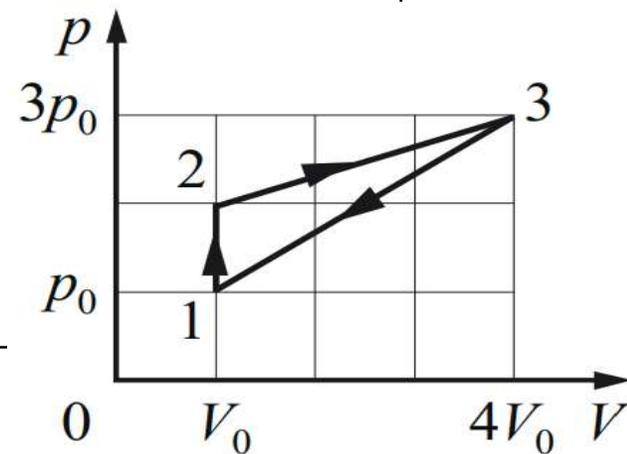
1. Согласно графику цикла гелий получает положительное количество теплоты от нагревателя на участках 1–2 и 2–3. При этом процесс 1–2 является изохорическим и газ работы не совершает. В соответствии с первым началом термодинамики, формулой для внутренней энергии одноатомного идеального газа $\left(U =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

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

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

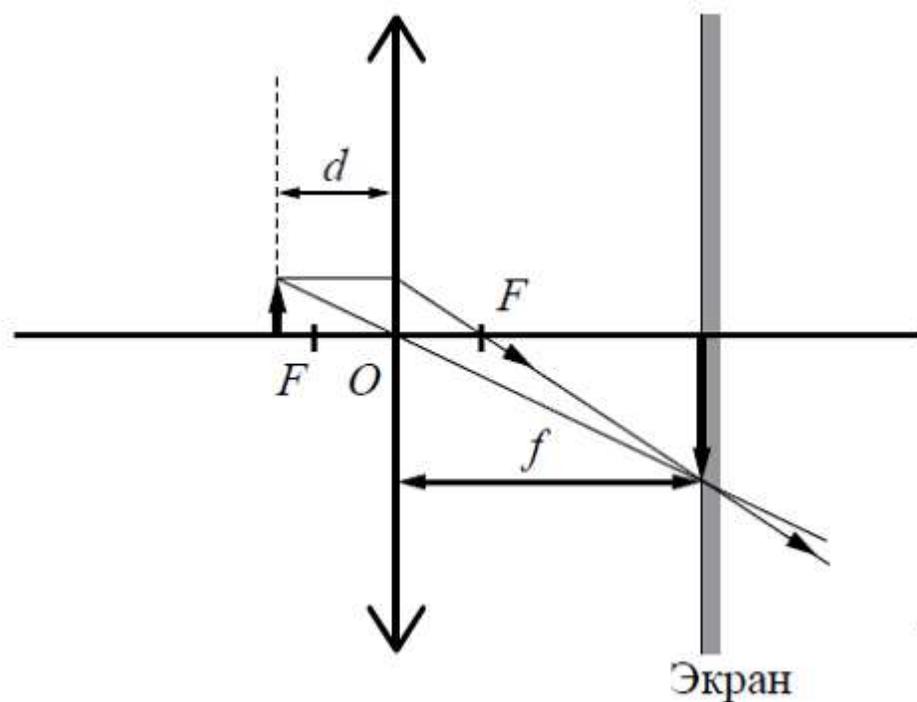
$$T_2 = \frac{2p_0 V_0}{\nu R} = \frac{Q_{\text{нагр}}}{12\nu R} = \frac{120 \cdot 10^3}{12 \cdot 4 \cdot 8,31} \approx 301 \text{ К.}$$

Ответ: $T_2 \approx 301 \text{ К}$



Задание 25. Пример 1

Линза, фокусное расстояние которой 30 см, даёт на экране резкое изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран пододвинули к линзе вдоль её главной оптической оси. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет на 3 см так, чтобы изображение снова стало резким. На какое расстояние сдвинули экран относительно его первоначального положения? Сделайте рисунок построения изображений в линзе с указанием хода лучей.



- 1) Если в собирающей линзе формируется увеличенное изображение, то где находится предмет?
- 2) Если придвинуть экран к линзе, то как надо поступить с предметом, чтобы снова на экране сформировалось увеличенное перевернутое и действительное изображение?

Задание 25. Пример 1

Дано:
 $F = 30 \text{ см}$
 $\Gamma = 5$
 $\Delta d = 3 \text{ см}$
Опр x - ?

$$1) \Gamma = \frac{f}{d} = 5 \quad f = 5d$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{5d} = \frac{6}{5d}$$

$$d = \frac{6F}{5} = \frac{6 \cdot 30 \text{ см}}{5} = 36 \text{ см}$$

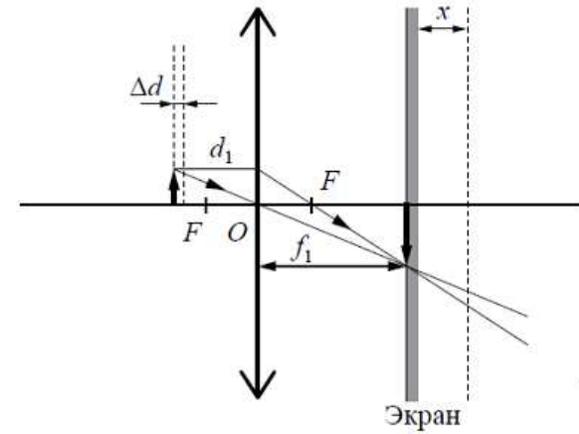
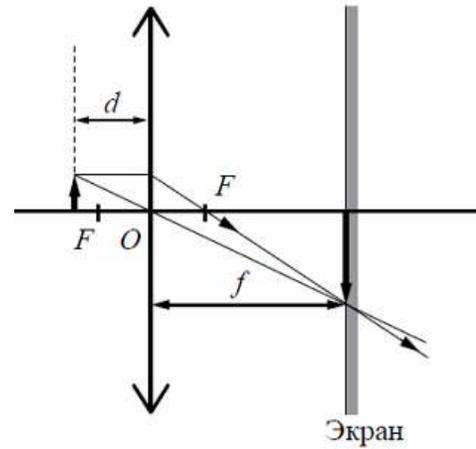
$$f = 5d = 5 \cdot 36 = 180 \text{ см}$$

$$2) d_1 = d + \Delta d = 36 + 3 = 39 \text{ см}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \quad \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_1} = \frac{d_1 - F}{F d_1}$$

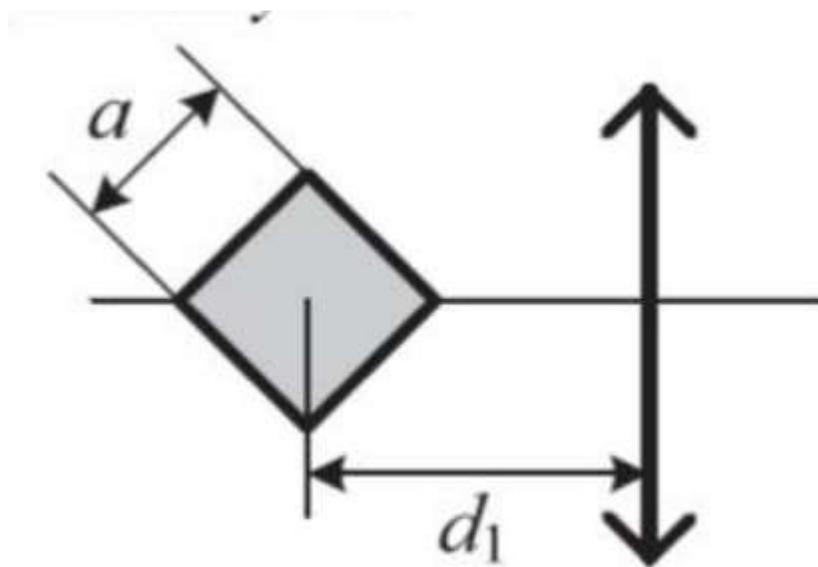
$$f_1 = \frac{F d_1}{d_1 - F} = \frac{30 \cdot 39}{39 - 30} = 130 \text{ см}$$

$$x = f - f_1 = 180 \text{ см} - 130 \text{ см} = \underline{\underline{50 \text{ см}}}$$



Задание 25. Пример 2

Квадрат со стороной $a = 10$ см лежит в плоскости главной оптической оси тонкой собирающей линзы с оптической силой $D = 2$ дптр так, что одна из его диагоналей перпендикулярна главной оптической оси линзы (см. рисунок). Расстояние от центра квадрата до плоскости линзы $d_1 = 1$ м. Определите площадь изображения квадрата в линзе. Сделайте рисунок, на котором постройте изображение квадрата в линзе, указав ход всех необходимых для построения лучей.



Задание 26

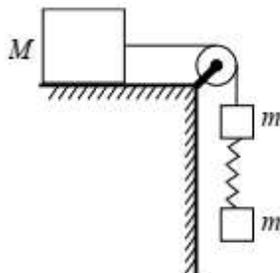
Критерий К1 – 1 балл

Критерий К2 – 3 балла

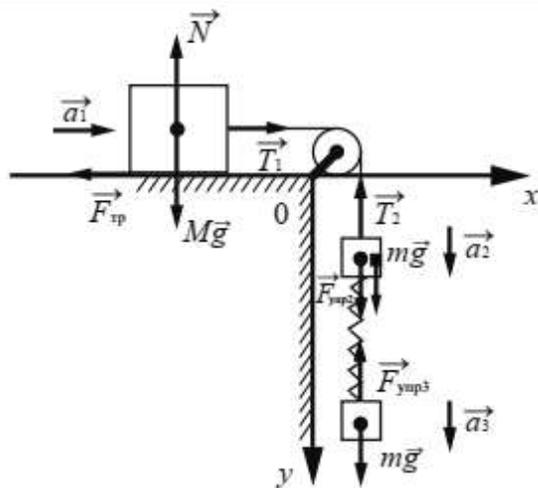
Обоснование



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



Возможное решение



Обоснование

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

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

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

На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз.

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

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

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

так как пружина лёгкая.

Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy выбранной системы координат.

С учётом (1)–(3) получим:

$$Ox: Ma = T - F_{\text{тр}}$$

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

$$\text{Сложив эти уравнения, найдём ускорение тел: } a = \frac{2mg - F_{\text{тр}}}{M + 2m}.$$

2. Сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$.

3. Из последнего уравнения в п. 1 получим $F_{\text{упр}} = m(g - a) = \frac{mMg(1 + \mu)}{M + 2m}$.

По закону Гука $F_{\text{упр}} = k\Delta l = k(L - l)$, тогда

$$L = l + \frac{mMg(1 + \mu)}{k(M + 2m)} = 0,1 + \frac{0,4 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot (1 + 0,2)}{80 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,4)} = 0,13 \text{ м.}$$

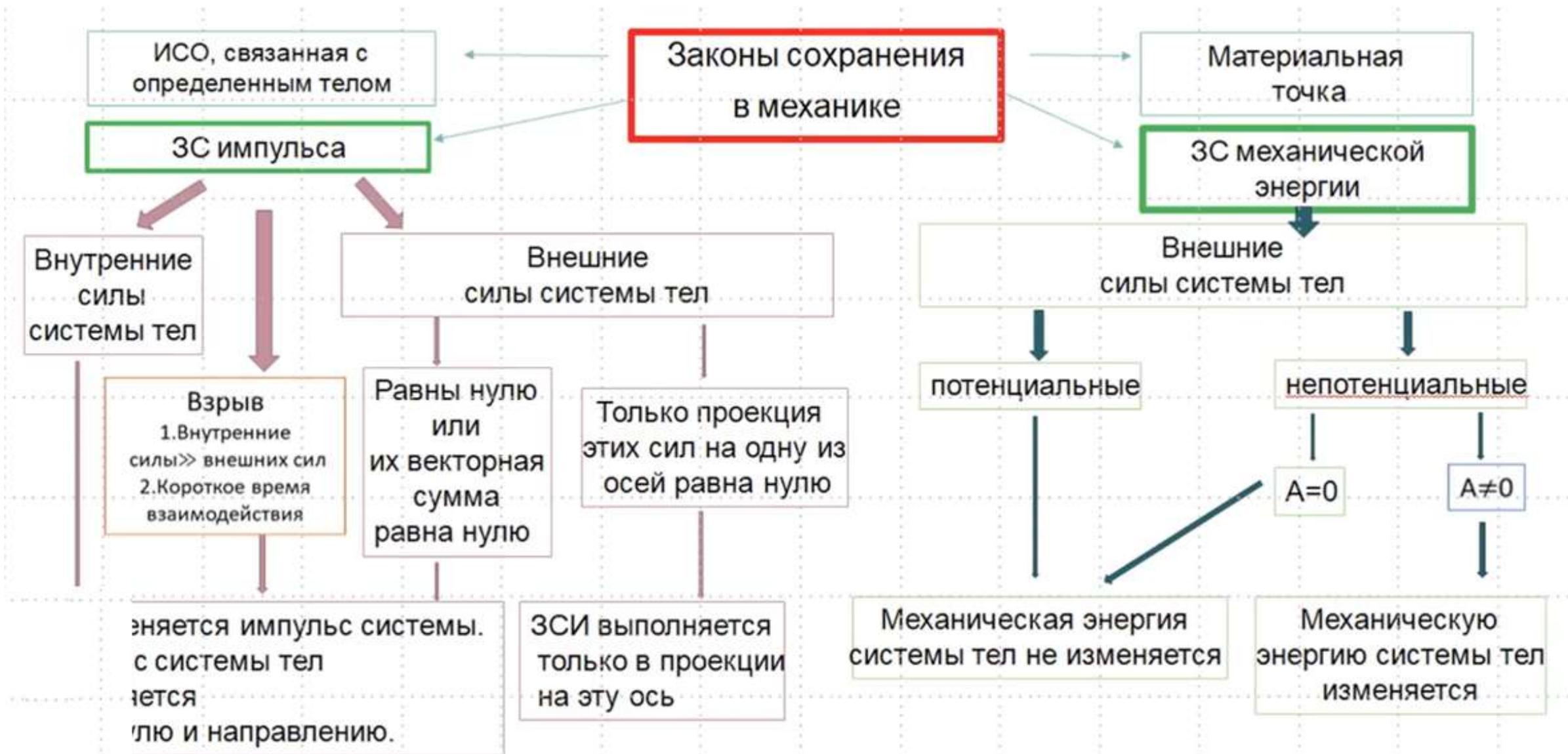
Ответ: $L = 0,13$ м

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|--|-------|
| Критерий 1 | |
| Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>инерциальная система отсчёта, модель материальной точки, условия равенства сил натяжения нитей и равенства упругих сил, равенства ускорений тел</i> | 1 |
| В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует | 0 |
| Критерий 2 | |
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>II закон Ньютона, закон Гука, закон трения скольжения</i>); II) сделан верный рисунок с указанием сил, действующих на тела; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины | 3 |

Задание 26

Критерий К1 – 1балл

Обоснование

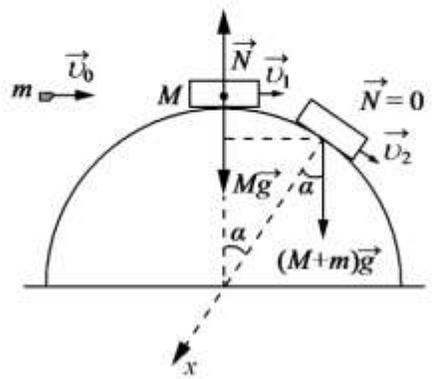


Небольшое тело массой $M = 0,99$ кг лежит на вершине гладкой полусферы радиусом $R = 1$ м. В тело попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 200$ м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите высоту h , на которой это тело оторвётся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

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Возможное решение

Обоснование



1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела можно считать материальными точками, так как их размеры пренебрежимо малы в условиях задачи.
2. При соударении для системы «пуля – тело» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (сила тяжести и сила реакции опоры) вертикальны.
3. При движении составного тела от вершины полусферы выполняется закон сохранения механической энергии, так как полусфера гладкая, и работа силы реакции опоры равна нулю (эта сила перпендикулярна скорости тела).
4. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры \vec{N} .
5. Второй закон Ньютона выполняется в ИСО для модели материальной точки.

Решение

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

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

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

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

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

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

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

3. Объединяя уравнения, получим:

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

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

Ответ: $h = 0,8$ м

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

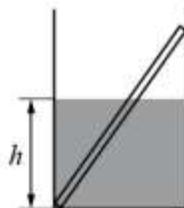
Задание 26
Критерий К1 – 1балл

Обоснование



В гладкий высокий стакан радиусом 4 см поставили тонкую однородную палочку длиной 10 см и массой 1,8 г. До какой высоты h надо налить в стакан жидкость, плотность которой составляет 0,75 плотности материала палочки, чтобы модуль силы, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана, равнялся 0,008 Н? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Возможное решение

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем палочку моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны).
3. Поскольку палочка находится в покое относительно вращательного движения, сумма моментов внешних сил, действующих на неё, равна нулю относительно любой оси. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через левый нижний конец палочки. Относительно этой оси сумма моментов внешних сил, действующих на палочку, равна нулю в равновесии.
4. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми палочка и стакан взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

Решение

1. Высота конца палочки относительно дна стакана $H = \sqrt{l^2 - 4R^2} = \sqrt{0,1^2 - 4 \cdot 0,04^2} = 0,06$ м, где l – длина палочки, R – радиус стакана.

2. Модуль силы Архимеда

$$F_{\text{Арх}} = \rho_{\text{ж}} \left(\frac{h}{H} V \right) g = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h}{H} mg,$$

где V – объём палочки, ρ – её плотность, $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, m – масса палочки.

3. Поскольку палочка покоится, можно записать правило моментов так, чтобы исключить из него упоминание неизвестных сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , т.е. записать это правило относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через нижний конец палочки:

$$mgR - F_{\text{Арх}} \left(\frac{h}{2} \text{ctg} \alpha \right) - NH = 0, \text{ то есть}$$

$$mgR - mg \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h^2}{2H} \text{ctg} \alpha - NH = 0, \text{ где } \text{ctg} \alpha = \frac{2R}{H}.$$

4. По третьему закону Ньютона сила \vec{N} по модулю равна силе, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана. Следовательно,

$$h = \sqrt{2H \text{tg} \alpha \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - H \frac{N}{mg} \right)} = \sqrt{\frac{H^2}{R} \cdot \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - \frac{N}{mg} H \right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{36 \cdot 10^{-4}}{0,04} \cdot \frac{1}{0,75} \left(0,04 - \frac{0,06 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10} \right)} = 0,04 \text{ м} = 4 \text{ см}.$$

Ответ: $h = 4$ см

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Критерий 1

Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: *выбор ИСО, модель твёрдого тела, обоснование условия равновесия твёрдого тела*

1

В обосновании отсутствует один или несколько из элементов.

ИЛИ

В обосновании допущена ошибка.

ИЛИ

0

Обоснование отсутствует

Критерий 2

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *закон Архимеда, правило моментов, формула плотности тела, третий закон Ньютона*);

II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на палочку;

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) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины

3

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.

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 одному из следующих случаев.

1