

## Вариант 4

## Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 26 заданий.

В заданиях 1–4, 7, 8, 11–13 и 16 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ

Ответ: -2,5 м/с<sup>2</sup>.

- 2 , 5

Бланк

Ответом к заданиям 5, 6, 9, 10, 14, 15, 17, 18 и 20 является последовательность цифр. В заданиях 5, 9, 14 и 18 предполагается два или три верных ответа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ

Ответ:

А	Б
4	1

4 1

Бланк

Ответом к заданию 19 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

1 , 4 0 , 2

Бланк

Ответ к заданиям 21–26 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

***Желаем успеха!***

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

### Десятичные приставки

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

#### Соотношения 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	$931,5 \text{ МэВ}$
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

воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
древеси́ны (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

#### Удельная теплоёмкость

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

#### Удельная теплота

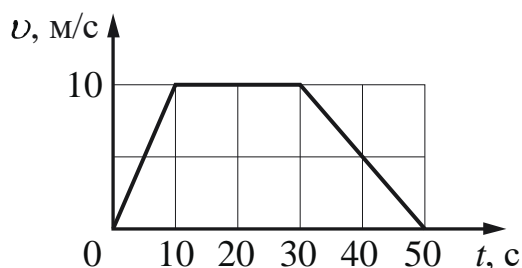
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг				
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг				
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг				
<b>Нормальные условия:</b> давление – $10^5$ Па, температура – $0^\circ\text{C}$					
<b>Молярная масса</b>					
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль		гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль		кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль		лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль		неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль		углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Найдите путь, пройденный автомобилем за время от 30 до 50 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

2

При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения  $\vec{F}_{\text{тр}}$  от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры  $\vec{N}$  были получены следующие данные:

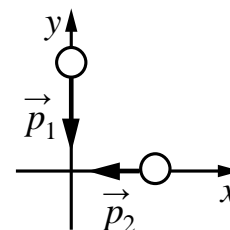
$F_{\text{тр}}, \text{ Н}$	1,6	2,0	2,4	2,8
$N, \text{ Н}$	8,0	10,0	12,0	14,0

Определите по результатам исследования коэффициент трения скольжения.

Ответ: \_\_\_\_\_.

3

Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 8 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ , второго тела  $p_2 = 6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

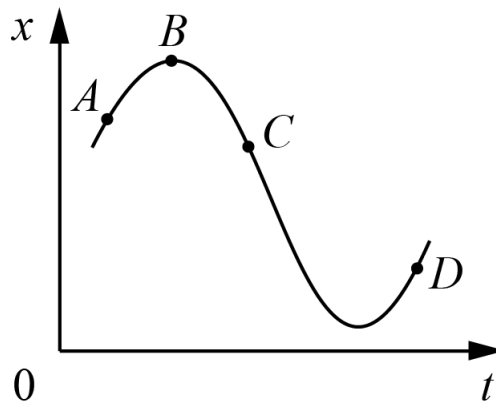
4

Период свободных малых колебаний математического маятника равен 2 с. каким станет период колебаний, если и длину математического маятника, и массу его груза уменьшить в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5

На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ . Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

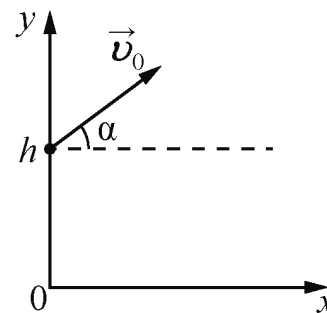


- 1) В точке  $C$  проекция скорости тела на ось  $Ox$  положительна.
- 2) На участке  $BC$  модуль скорости тела увеличивается.
- 3) Проекция перемещения тела на ось  $Ox$  при переходе из точки  $A$  в точку  $B$  отрицательна.
- 4) В точке  $D$  проекция ускорения тела на ось  $Ox$  отрицательна.
- 5) В точке  $A$  ускорение тела и его скорость направлены в разные стороны.

Ответ: \_\_\_\_\_.

6

В момент  $t = 0$  мячик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$ .

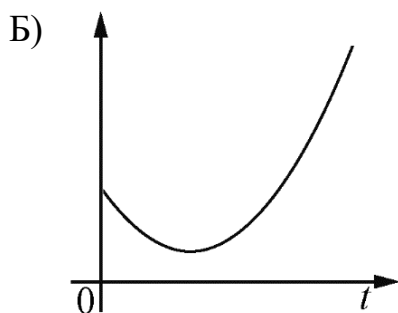
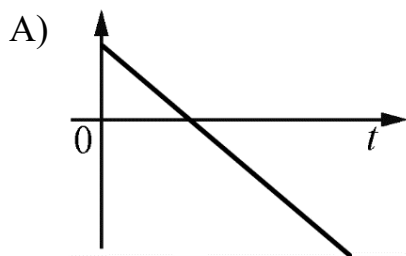


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.

Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня  $y = 0$ .

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия мячика
- 2) потенциальная энергия мячика
- 3) проекция импульса мячика на ось  $x$
- 4) проекция импульса мячика на ось  $y$

Ответ:

А	Б

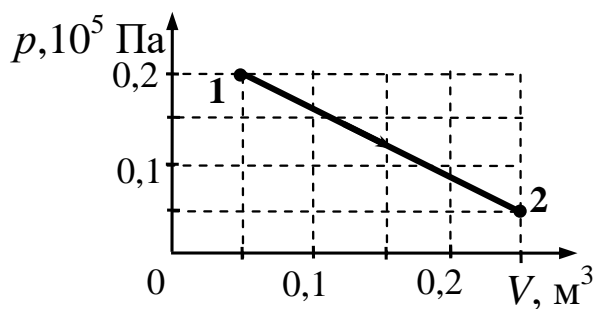
7

Концентрация частиц идеального одноатомного газа уменьшилась в 4 раза, а средняя кинетическая энергия теплового движения частиц увеличилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилось давление газа на стенки сосуда?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а)

8

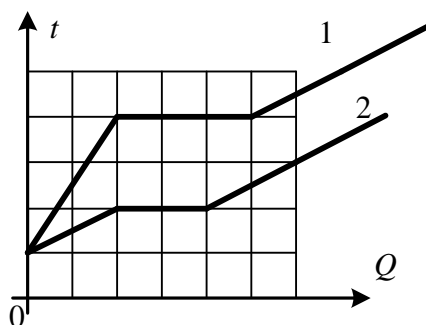
Какую работу совершил газ в процессе, изображённом на  $pV$ -диаграмме (см. рисунок)?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

9

На рисунке представлены графики зависимости температуры  $t$  двух тел одинаковой массы от сообщённого количества теплоты  $Q$ . Первоначально тела находились в твёрдом агрегатном состоянии.



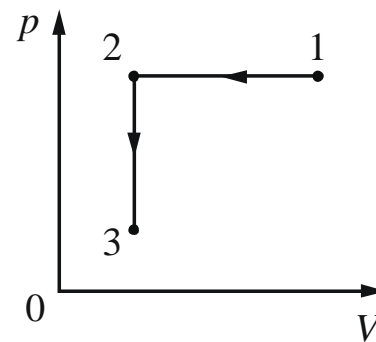
Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня все верные утверждения.

- 1) Температура плавления у первого тела в 2 раза больше, чем у второго.
- 2) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии.
- 3) Удельная теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии у второго тела в 3 раза больше, чем у первого.
- 4) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоту плавления.
- 5) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии.

Ответ: \_\_\_\_\_.

10

1 моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  – давление газа,  $V$  – объём газа. Как изменяются плотность  $\rho$  газа в ходе процесса 1–2 и абсолютная температура  $T$  газа в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

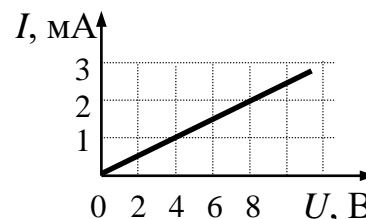
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Плотность газа в ходе процесса 1–2	Абсолютная температура газа в ходе процесса 2–3

11

На рисунке изображён график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?



Ответ: \_\_\_\_\_ кОм.

12

Сила тока в катушке равномерно увеличилась от 2 А до 5 А за 0,05 с. При этом модуль ЭДС самоиндукции, возникшей в катушке, составил 0,6 В. Какова индуктивность катушки?

Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.

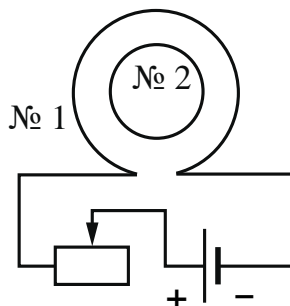
13

Точечный источник света расположен перед плоским зеркалом на расстоянии 0,9 м от него. На сколько необходимо приблизить зеркало, не поворачивая его, к источнику, чтобы расстояние между источником и его изображением в зеркале уменьшилось в 3 раза?

Ответ: на \_\_\_\_\_ м.

14

Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1, обмотка катушки № 2 замкнута. Вид с торца катушек представлен на рисунке.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующих процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата *влево*.

- 1) Сила тока в катушке № 1 увеличивается.
- 2) Модуль вектора индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, уменьшается.
- 3) Модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2, увеличивается.
- 4) Вектор магнитной индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2 в её центре, направлен от наблюдателя.
- 5) В катушке № 2 индукционный ток направлен против часовой стрелки.

Ответ: \_\_\_\_\_.

15

При настройке действующей модели радиопередатчика учитель изменил ёмкость конденсатора, входящего в состав его колебательного контура, уменьшив площадь пластин конденсатора. Как при этом изменятся период колебаний силы тока в контуре и длина волны электромагнитного излучения? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Период колебаний силы тока	Длина волны излучения

16

Определите число электронов в электронной оболочке нейтрального атома аргона  ${}_{18}^{39}\text{Ar}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

17

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй – только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли напряжение запираения.

Как изменяются частота, соответствующая «красной границе» фотоэффекта и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота, соответствующая «красной границе» фотоэффекта	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

18

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

- 1) При прохождении математическим маятником положения равновесия центростремительное ускорение его груза равно нулю.
- 2) Удельная теплоёмкость вещества показывает, какое количество теплоты необходимо сообщить 1 кг вещества для его нагревания на 1 К.
- 3) При помещении проводника в электростатическое поле наблюдается явление электромагнитной индукции.
- 4) При преломлении света, падающего из среды с меньшим показателем преломления в среду с бóльшим показателем преломления, угол падения больше угла преломления.
- 5) При  $\beta$ -распаде ядра выполняются законы сохранения энергии, электрического заряда и закон сохранения импульса.

Ответ: \_\_\_\_\_.

19

В паспорте барометра (см. рисунок) указано, что абсолютная погрешность прямого измерения давления составляет 3 мм рт. ст.



Определите показания барометра с учётом абсолютной погрешности измерения.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мм рт. ст.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

20

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность бензина. Для этого школьник взял динамометр и металлический цилиндр с крючком. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) стакан с бензином
- 2) линейка
- 3) стакан с керосином
- 4) термометр
- 5) мензурку

В ответе запишите номера выбранных предметов.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

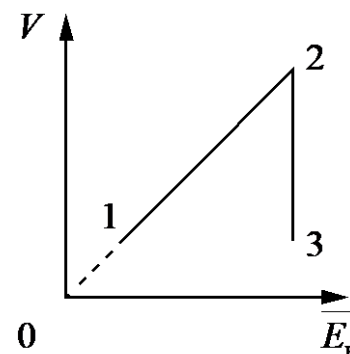
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

21

На графике представлена зависимость объёма постоянного количества молей одноатомного идеального газа от средней кинетической энергии теплового движения молекул газа. Опишите, как изменяются температура и давление газа в процессах 1–2 и 2–3. Укажите, какие закономерности Вы использовали для объяснения.



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

22

Определите время прохождения поездом последнего километра пути перед остановкой, если изменение его скорости на этом пути составило 10 м/с. Ускорение поезда считать постоянным.

23

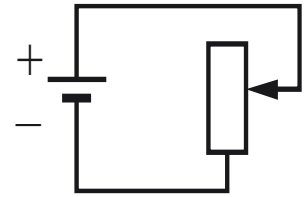
Заряженный ион массой  $m = 16,7 \cdot 10^{-27}$  кг и зарядом  $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл движется по окружности радиуса  $R$  перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного магнитного поля с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Кинетическая энергия частицы равна  $W = 4 \cdot 10^{-20}$  Дж. Найдите радиус данной окружности. Релятивистскими эффектами пренебречь.

24

Давление влажного воздуха в сосуде под поршнем при температуре  $t = 100$  °С равно  $p_1 = 1,8 \cdot 10^5$  Па. Объём под поршнем изотермически уменьшили в  $k = 4$  раза. При этом давление в сосуде увеличилось в  $n = 3$  раза. Найдите относительную влажность  $\varphi$  воздуха в первоначальном состоянии. Утечкой вещества из сосуда пренебречь.

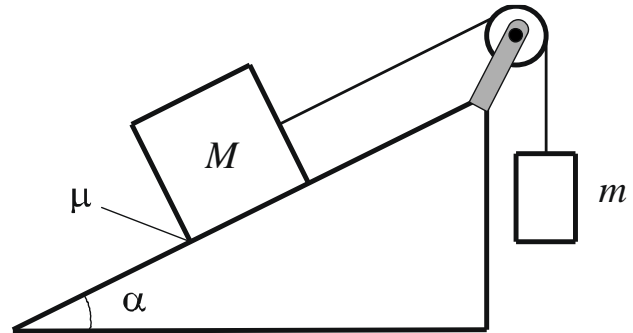
25

Батарея ЭДС соединена с реостатом так, как показано на рисунке. Какова ЭДС батареи, если при силе тока в цепи  $I_1 = 1$  А выделяемая на реостате мощность  $N_1 = 4$  Вт, а при силе тока  $I_2 = 5$  А выделяемая на реостате мощность  $N_2 = 10$  Вт?



26

Грузы массами  $M = 1$  кг и  $m$  связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через невесомый блок, вращающийся без трения (см. рисунок). Груз массой  $M$  покоится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $\mu = 0,3$ ).



Чему равно минимальное значение массы  $m$ , при котором система грузов остаётся в состоянии покоя? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на грузы. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с правильным номером задания.**

**Система оценивания экзаменационной работы по физике****Задания 1–20**

Правильное выполнение каждого из заданий 1–4, 7, 8, 11–13, 16, 19 и 20 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответе на задание 20 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 6, 10, 15 и 17 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. Выставляется 1 балл, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

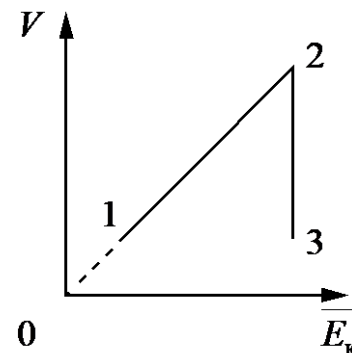
Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. В этих заданиях предполагается два или три верных ответа. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, в ответе отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. Выставляется 1 балл, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов.

<b>Номер задания</b>	<b>Правильный ответ</b>	<b>Номер задания</b>	<b>Правильный ответ</b>
1	100	11	4
2	0,2	12	10
3	10	13	0,6
4	1	14	135
5	25	15	22
6	41	16	18
7	2	17	32
8	2,5	18	245
9	135	19	7553
10	12	20	15

**Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом**

21

На графике представлена зависимость объёма постоянного количества молей одноатомного идеального газа от средней кинетической энергии теплового движения молекул газа. Опишите, как изменяются температура и давление газа в процессах 1–2 и 2–3. Укажите, какие закономерности Вы использовали для объяснения.



**Возможное решение**

1. Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул

одноатомного идеального газа  $\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$ . В соответствии с уравнением

Клапейрона – Менделеева  $V = \frac{\nu RT}{p} = \frac{2\nu N_A \bar{E}_k}{3p}$ , где  $N_A$  – число Авогадро.

2. На участке 1–2 объём изменяется пропорционально средней кинетической энергии молекул. Следовательно, в соответствии с только что полученным равенством в этом процессе давление газа не изменяется. Поскольку средняя кинетическая энергия молекул на этом участке возрастает, температура газа увеличивается.

3. В процессе 2–3 средняя кинетическая энергия не изменяется. Следовательно, температура газа остаётся постоянной. На участке 2–3 объём газа уменьшается при постоянной температуре. Следовательно, в этом процессе давление газа в соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева увеличивается

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>на участке 1–2 давление газа не меняется, а температура увеличивается; на участке 2–3 давление газа увеличивается, а температура постоянная</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>связь температуры газа со средней кинетической энергией теплового движения его молекул, уравнение Клапейрона – Менделеева</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются 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,	2

<p>лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. 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</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

22

Определите время прохождения поездом последнего километра пути перед остановкой, если изменение его скорости на этом пути составило 10 м/с. Ускорение поезда считать постоянным.

<b>Возможное решение</b>	
<p>1. Модуль ускорения поезда на всём пути является постоянной величиной и равен</p> $a = \frac{v^2}{2s}, \quad (1)$ <p>где <math>v</math> – скорость поезда в начале последнего километра пути, а <math>s = 1</math> км – длина этого участка пути.</p> <p>2. Модуль изменения скорости на этом участке пути равен</p> $\Delta v = v = at. \quad (2)$ <p>3. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для времени прохождения поездом последнего километра пути:</p> $t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \cdot 1000}{10} = 200 \text{ с.}$ <p>Ответ: <math>t = 200</math> с</p>	
<b>Критерии оценивания выполнения задания</b>	<b>Баллы</b>
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>кинематические формулы для ускорения поезда при его равноускоренном движении и изменения скорости на последнем километре пути</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p>	1

<p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

23

Заряженный ион массой  $m = 16,7 \cdot 10^{-27}$  кг и зарядом  $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл движется по окружности радиуса  $R$  перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного магнитного поля с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Кинетическая энергия частицы равна  $W = 4 \cdot 10^{-20}$  Дж. Найдите радиус данной окружности. Релятивистскими эффектами пренебречь.

<b>Возможное решение</b>	
<p>1. По второму закону Ньютона сила Лоренца определяет центростремительное ускорение частицы при ее движении в магнитном поле:</p> $F_L = ma_{ц}; \quad F_L = qvB; \quad a_{ц} = \frac{v^2}{R},$ <p>где <math>F_L</math> – сила Лоренца, <math>a_{ц}</math> – центростремительное ускорение, <math>v</math> – линейная скорость частицы.</p> <p>2. Кинетическая энергия частицы равна:</p> $W = \frac{mv^2}{2}$ <p>Объединяя эти уравнения, получим:</p> $R = \frac{\sqrt{2mW}}{qB} = \frac{\sqrt{2 \cdot 16,7 \cdot 10^{-27} \cdot 4 \cdot 10^{-20}}}{3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1} \approx 1,14 \text{ мм}$ <p>Ответ: <math>R = 1,14</math> мм</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                      1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения</p>	2

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

24

Давление влажного воздуха в сосуде под поршнем при температуре  $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$  равно  $p_1 = 1,8 \cdot 10^5$  Па. Объём под поршнем изотермически уменьшили в  $k = 4$  раза. При этом давление в сосуде увеличилось в  $n = 3$  раза. Найдите относительную влажность  $\varphi$  воздуха в первоначальном состоянии. Утечкой вещества из сосуда пренебречь.

## Возможное решение

1. При  $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$  давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению:  $p_0 = 10^5$  Па.
2. При изотермическом сжатии произведение  $pV$  для влажного воздуха под поршнем уменьшилось, так как  $n < k$ . Значит, количество вещества влажного воздуха в сосуде уменьшилось за счёт конденсации части водяного пара в воду. При этом водяной пар стал насыщенным.
3. Пусть  $p_2$  – давление влажного воздуха в сосуде в конечном состоянии,  $p_{1\text{ сух}}$  – давление сухого воздуха в сосуде в начальном состоянии. Пользуясь законом Дальтона, запишем выражения для давления влажного воздуха в сосуде в начальном и конечном состояниях:

$$\begin{cases} p_1 = p_{1\text{ сух}} + \varphi p_0, \\ p_2 = np_1 = kp_{1\text{ сух}} + p_0. \end{cases}$$

Исключая из этих уравнений величину  $p_{1\text{ сух}}$ , получим уравнение

$$np_1 = k(p_1 - \varphi p_0) + p_0,$$

откуда:

$$\varphi = \frac{(k - n)p_1 + p_0}{kp_0} = \frac{(4 - 3) \cdot 1,8 \cdot 10^5 + 10^5}{4 \cdot 10^5} = \frac{2,8}{4} = 0,7.$$

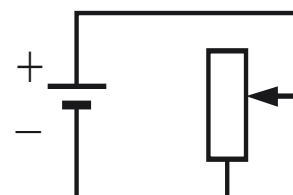
Ответ:  $\varphi = 70\%$

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>определение относительной влажности воздуха, закон Дальтона для двух состояний газа, давление насыщенного водяного пара при 100 °C</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3

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

25

Батарея ЭДС соединена с реостатом так, как показано на рисунке. Какова ЭДС батареи, если при силе тока в цепи  $I_1 = 1$  А выделяемая на реостате мощность  $N_1 = 4$  Вт, а при силе тока  $I_2 = 5$  А выделяемая на реостате мощность  $N_2 = 10$  Вт?

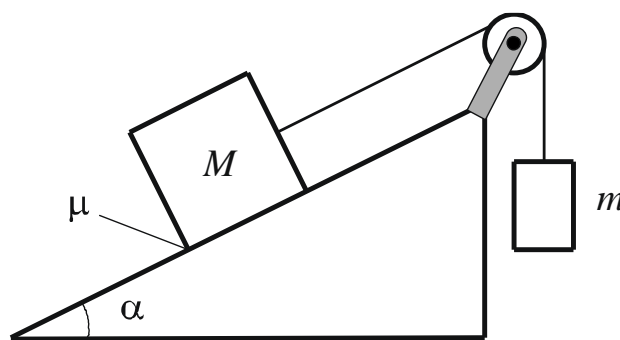


Возможное решение	
<p>1. Закон Ома для полной цепи в первом и во втором случаях:</p> $I_1 = \frac{E}{R_1 + r}, \quad (1)$ $I_2 = \frac{E}{R_2 + r}. \quad (2)$ <p>2. Соответствующая им мощность, выделяющаяся во внешней цепи:</p> $N_1 = I_1^2 R_1, \quad (3)$ $N_2 = I_2^2 R_2. \quad (4)$ <p>3. Решая систему уравнений (1)–(4), получаем:</p> $E = \frac{I_1 I_2}{I_2 - I_1} \left( \frac{N_1}{I_1^2} - \frac{N_2}{I_2^2} \right) = \frac{1 \cdot 5}{5 - 1} \left( \frac{4}{1} - \frac{10}{25} \right) = 4,5 \text{ В.}$ <p>Ответ: <math>E = 4,5 \text{ В}</math></p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон Ома для полной цепи и формула мощности электрического тока</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p>	2

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

26

Грузы массами  $M = 1$  кг и  $m$  связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через невесомый блок, вращающийся без трения (см. рисунок). Груз массой  $M$  покоится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $\mu = 0,3$ ).



Чему равно минимальное значение массы  $m$ , при котором система грузов остаётся в состоянии покоя? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на грузы. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**

## Возможное решение

**Обоснование**

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с наклонной плоскостью. Тела можно считать материальными точками.

На рисунке показаны силы, действующие на грузы.

Так как блок и нить невесомы и трения в блоке нет, то силы натяжения нити, действующие на грузы, одинаковы по модулю:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T.$$

Если масса  $m$  достаточно мала, но грузы ещё покоятся, то сила трения покоя, действующая на груз массой  $M$ , направлена вверх вдоль наклонной плоскости (см. рисунок).

**Решение**

Запишем второй закон Ньютона для каждого из покоящихся тел в проекциях на оси введённой системы координат:

$$\left. \begin{aligned} O_1 x_1: T_1 - Mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} &= 0, \\ O_1 y_1: N - Mg \cos \alpha &= 0, \\ O_2 y_2: mg - T_2 &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Учтём, что:

$$T_1 = T_2 = T; F_{\text{тр}} \leq \mu N \quad (\text{сила трения покоя}).$$

Тогда

$$T = mg,$$

$$F_{\text{тр}} = Mg \sin \alpha - mg,$$

$$N = Mg \cos \alpha;$$

приходим к неравенству

$$Mg \sin \alpha - mg \leq \mu Mg \cos \alpha$$

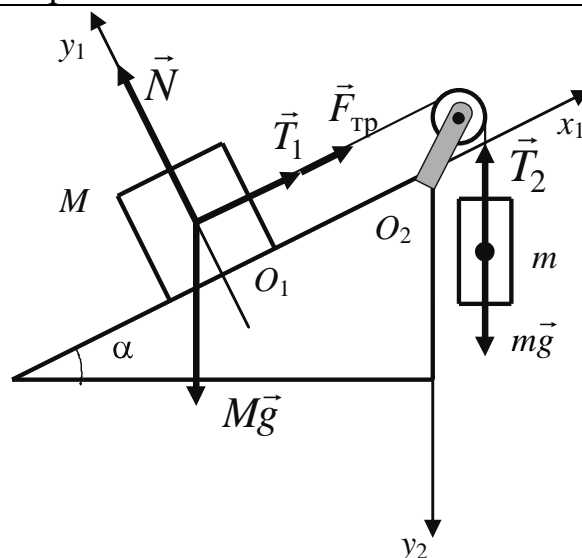
с решением

$$m \geq M(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

Таким образом,

$$m_{\min} = M(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 1 \left( 0,5 - 0,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \approx 0,24 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m_{\min} \approx 0,24 \text{ кг}$



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

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