

Вариант 3

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/с².

-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.

1,40,2

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

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 кг/м^3 | подсолнечного масла | 900 кг/м^3 |
| древеси́ны (сосна) | 400 кг/м^3 | алюминия | 2700 кг/м^3 |
| керосина | 800 кг/м^3 | железа | 7800 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

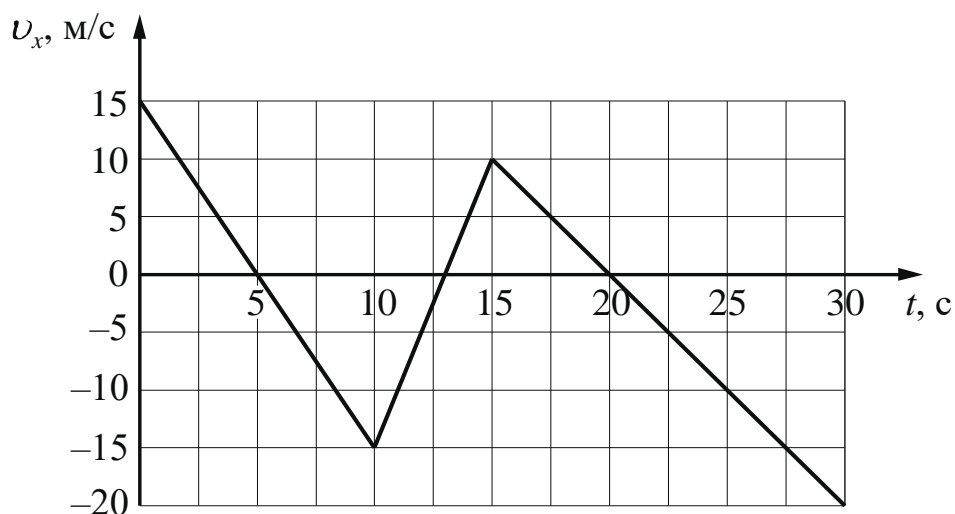
| | | | |
|--|----------------------------|------------------|----------------------------|
| парообразования воды | $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг | | |
| плавления свинца | $2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг | | |
| плавления льда | $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг | | |
| Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0°C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

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 приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .



Определите проекцию a_x ускорения этого тела в интервале времени от 20 до 30 с.

Ответ: _____ м/с².

2

В инерциальной системе отсчёта сила 15 Н сообщает телу массой 2 кг некоторое ускорение. Какая сила сообщит телу массой 6 кг в этой системе отсчёта в 2 раза большее ускорение?

Ответ: _____ Н.

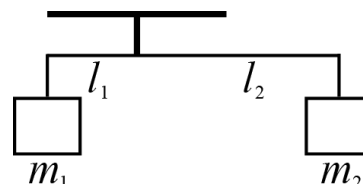
3

В инерциальной системе отсчёта тело движется по прямой под действием постоянной силы величиной 22 Н, не меняя направления. Начальный импульс тела равен 40 кг·м/с. Каким станет импульс тела через 3 с?

Ответ: _____ кг·м/с.

4

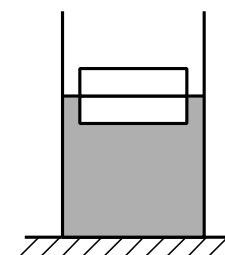
Невесомый рычаг находится в равновесии, когда к его левому концу длиной $l_1 = 18$ см подвешен груз массой $m_1 = 600$ г, а к правому плечу – груз массой $m_2 = 240$ г (см. рисунок). Чему равна длина правого плеча рычага l_2 ?



Ответ: _____ см.

5

Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.



- 1) Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна 500 кг/м³.
- 2) Сила Архимеда, действующая на бруски, равна 10 Н.
- 3) Если воду заменить на керосин, то глубина погружения брусков уменьшится.
- 4) Если на верхний брусок положить груз массой 1,5 кг, то бруски утонут.
- 5) Если в стопку добавить ещё один такой же брусок, то глубина её погружения увеличится на 2,5 см.

Ответ: _____

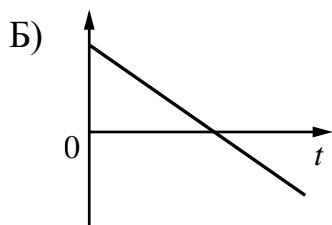
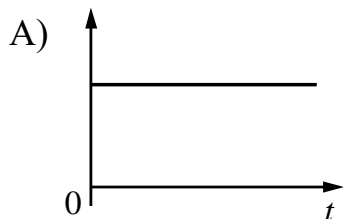
6

Тело движется вдоль оси Ox , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой $x(t) = 10 + 5t - 2t^2$ (все величины выражены в СИ).

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) проекция p_x импульса тела
- 2) кинетическая энергия E_K тела
- 3) проекция F_x равнодействующей сил, действующих на тело
- 4) модуль a ускорения тела

Ответ:

| А | Б |
|---|---|
| | |

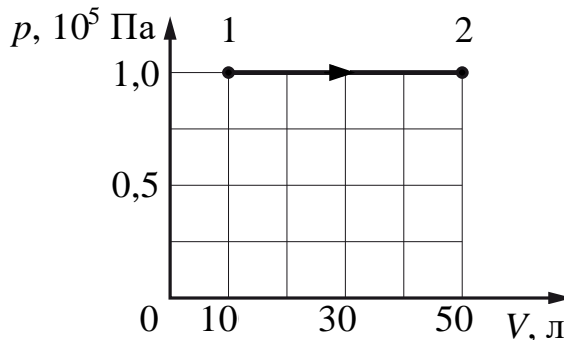
7

В сосуде содержится аргон под давлением 300 кПа. Концентрацию аргона уменьшили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию его молекул увеличили в 3 раза. Определите установившееся давление газа.

Ответ: _____ кПа.

8

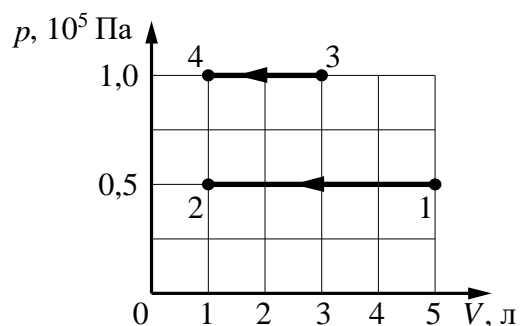
Идеальный газ участвует в процессе 1–2, график которого показан рисунке. Какую работу совершил газ в этом процессе?



Ответ: _____ кДж.

9

На pV -диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного аргона. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на графике.



- 1) Работа, совершённая внешними силами над аргоном, в процессах 1–2 и 3–4 одинакова.
- 2) В процессе 3–4 абсолютная температура аргона изобарно уменьшилась в 5 раз.
- 3) В процессе 1–2 давление аргона в 2 раза больше, чем в процессе 3–4.
- 4) В процессе 1–2 аргон изобарно увеличил свой объём на 4 л.
- 5) В процессе 1–2 внутренняя энергия аргона уменьшилась в 5 раз.

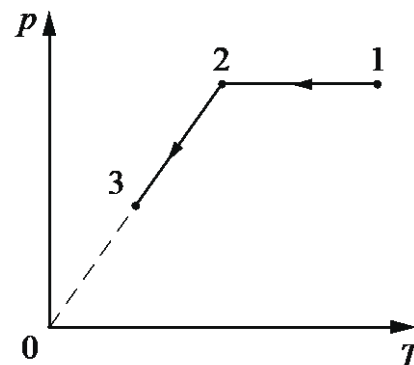
Ответ: _____

10

Один моль идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах p – T , где p – давление газа, T – абсолютная температура газа.

Как изменяются объём газа в ходе процесса 1–2 и концентрация молекул 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.

| Объём газа в ходе процесса 1–2 | Концентрация молекул газа в ходе процесса 2–3 |
|-----------------------------------|--|
| | |

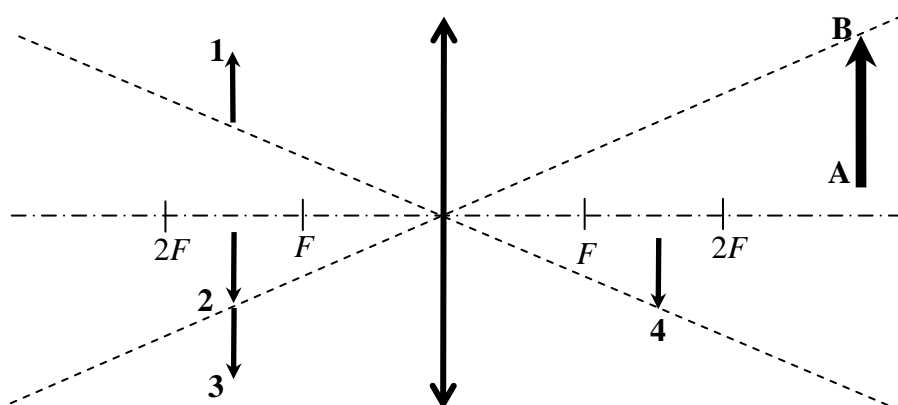
- 11** Во сколько раз увеличатся силы электростатического взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними увеличить в 2 раза, а каждый заряд увеличить в 4 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

- 12** Две частицы с одинаковыми массами и зарядами $3q$ и $2q$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями $2v$ и $1,5v$ соответственно. Определите отношение модулей сил $\frac{F_1}{F_2}$, действующих на них со стороны магнитного поля.

Ответ: _____.

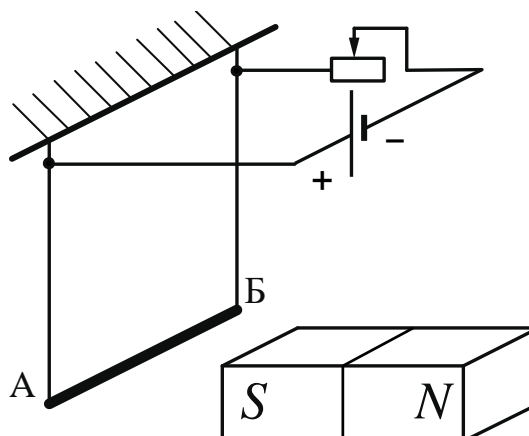
- 13** Какому из предметов 1–4 соответствует изображение АВ в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием F ?



Ответ: предмету _____.

14

Нихромовый проводник АБ подвешен на тонких медных проволочках к деревянной балке и подключён к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится южный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают *влево*.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом вблизи проводника АБ, направлены влево.
- 2) Сила натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, увеличивается.
- 3) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 4) Сопротивление внешней цепи увеличивается.
- 5) Сила тока, протекающего через проводник АБ, увеличивается.

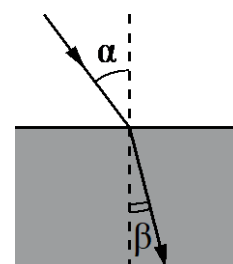
Ответ: _____.

15

Световой пучок входит из воздуха в стекло (см. рисунок). Что происходит при переходе света из воздуха в стекло с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и скоростью их распространения?

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.

| Частота | Скорость |
|---------|----------|
| | |

16

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость соответствующего изотопа в природе.

| | | | | | |
|---|-----|--|--|---|-----------|
| 2 | II | Li 3 литий 7 ₉₃ 6 ₇ | Be 4 бериллий 9 ₁₀₀ | 5 бор 11 ₈₀ 10 ₂₀ | B |
| 3 | III | Na 11 натрий 23 ₁₀₀ | Mg 12 магний 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀ | 13 алюминий 27 ₁₀₀ | Al |
| 4 | IV | K 19 калий 39 ₉₃ 41 _{6,7} | Ca 20 кальций 40 ₉₇ 44 _{2,1} | Sc 21 скандий 45 ₁₀₀ | |
| | V | 29 медь 63 ₆₉ 65 ₃₁ | Cu 30 цинк 64 ₄₉ 66 ₂₈ 68 ₁₉ | 31 галлий 69 ₆₀ 71 ₄₀ | Ga |

Определите число нейтронов в ядре наименее распространенного изотопа цинка.

Ответ: _____.

17

Монохроматический свет с энергией фотонов $E_{\text{ф}}$ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{\text{зап}}$. Как изменятся длина волны λ падающего света и модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$, если энергия падающих фотонов $E_{\text{ф}}$ увеличится?

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.

| Длина волны λ падающего света | Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ |
|--|---|
| | |

18

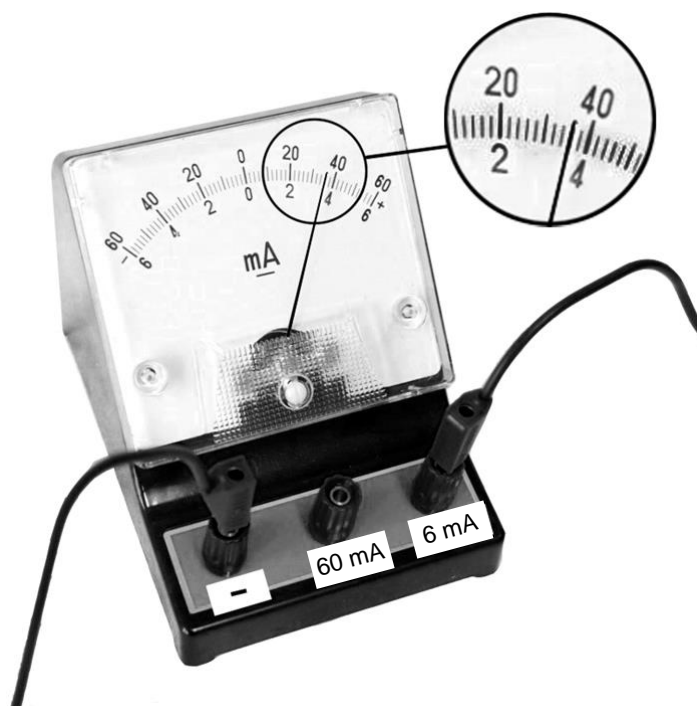
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Давление столба жидкости на дно сосуда обратно пропорционально её плотности.
- 2) Удельная теплота плавления вещества показывает, какое количество теплоты необходимо сообщить 1 кг вещества, находящемуся при любой температуре, чтобы его расплавить.
- 3) В процессе электризации трением два первоначально незаряженных тела приобретают разноимённые и одинаковые по модулю заряды.
- 4) При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду угол падения меньше угла преломления.
- 5) При α -распаде ядра выполняется закон сохранения электрического заряда, но не выполняется закон сохранения импульса.

Ответ: _____.

19

Определите показания миллиамперметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления миллиамперметра.



Ответ: (_____ \pm _____) мА.

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

20

Для лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от материала, из которого изготовлен проводник, ученику выдали пять проводников, характеристики которых указаны в таблице. Какие **два** из предложенных ниже проводников необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

| № проводника | Длина проводника, см | Диаметр проводника, мм | Материал |
|--------------|----------------------|------------------------|----------|
| 1 | 200 | 1,0 | алюминий |
| 2 | 100 | 0,5 | сталь |
| 3 | 100 | 1,0 | медь |
| 4 | 200 | 0,5 | алюминий |
| 5 | 200 | 1,0 | медь |

Запишите в ответе номера выбранных проводников.

Ответ:

| | |
|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|



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 рис. 1 приведена зависимость внутренней энергии U 1 моль идеального одноатомного газа от его объёма V в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса в переменных p – V (p – давление газа). Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на рис. 2. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

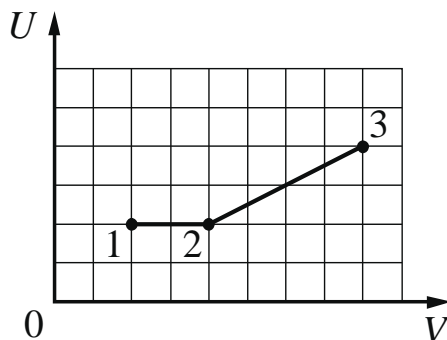


Рис. 1

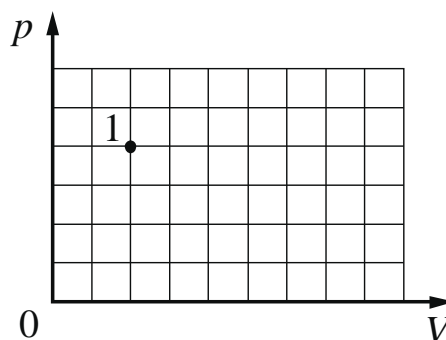
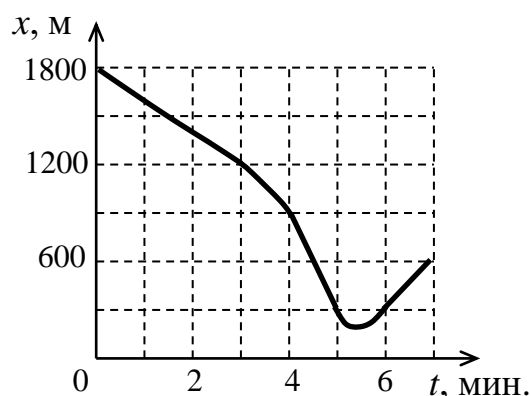


Рис. 2

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

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

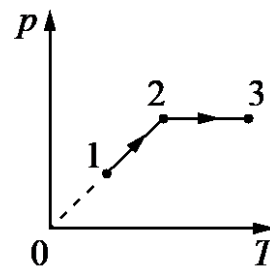


23

Магнитный поток через замкнутый и проводящий контур сопротивлением R равномерно изменился за $\Delta t = 10$ с на $\Delta\Phi = 10$ мВб. Количество теплоты, выделившееся в проводнике за это время, $Q = 5$ мкДж. Найдите сопротивление проводника. Самоиндукцией контура пренебречь.

24

Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах p – T . Известно, что давление газа p в процессе 1–2 увеличилось в 2 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура T в состоянии 1 равна 300 К, а в состоянии 3 равна 900 К?

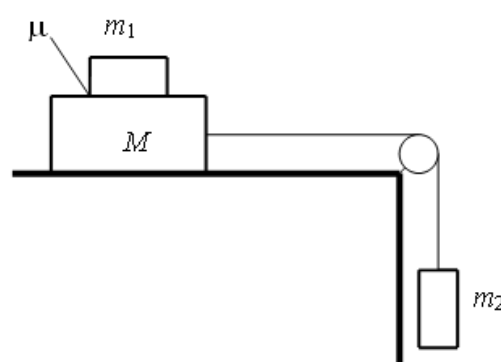


25

Электрическая цепь состоит из источника тока с конечным внутренним сопротивлением и реостата. Сопротивление реостата можно изменять в пределах от 1 Ом до 5 Ом. Максимальная мощность тока P_{\max} , выделяющаяся на реостате, равна 4,5 Вт и достигается при сопротивлении реостата $R = 2$ Ом. Какова ЭДС источника?

26

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола – горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 равен $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны невесомой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела.



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.

| Номер задания | Правильный ответ | Номер задания | Правильный ответ |
|---------------|------------------|---------------|------------------|
| 1 | -2 | 11 | 4 |
| 2 | 90 | 12 | 2 |
| 3 | 106 | 13 | 2 |
| 4 | 45 | 14 | 235 |
| 5 | 15 | 15 | 32 |
| 6 | 41 | 16 | 38 |
| 7 | 450 | 17 | 21 |
| 8 | 4 | 18 | 34 |
| 9 | 15 | 19 | 3,60,2 |
| 10 | 23 | 20 | 15 |

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

21

На рис. 1 приведена зависимость внутренней энергии U 1 моль идеального одноатомного газа от его объёма V в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса в переменных p – V (p – давление газа). Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на рис. 2. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

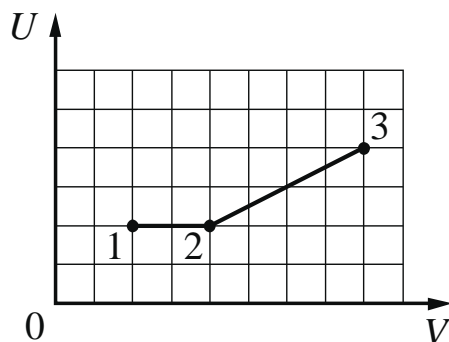


Рис. 1

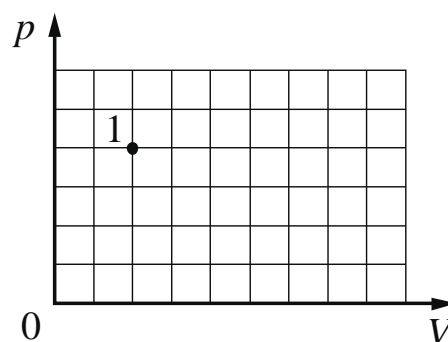
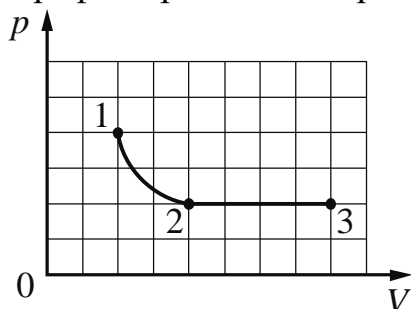


Рис. 2

Возможное решение

1. График процесса в переменных p – V имеет вид:



2. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа пропорциональна его абсолютной температуре: $U = \frac{3}{2} \nu RT$. Значит, на участке 1–2 температура газа не меняется, происходит изотермическое расширение, давление в этом процессе в соответствии с законом Бойля – Мариотта ($p_1 V_1 = p_2 V_2$) уменьшается в 2 раза. В координатах p – V график является гиперболой.

3. На участке 2–3 внутренняя энергия, а также температура пропорциональны объёму, процесс при постоянном количестве вещества согласно уравнению Клапейрона – Менделеева ($pV = \nu RT$) является изобарным расширением, давление в нём не меняется, а объём в соответствии с графиком на рис. 1 увеличивается в 2 раза. В координатах p – V график является отрезком горизонтальной прямой

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

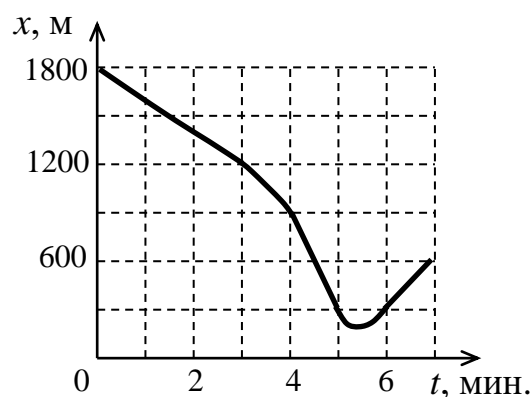
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: *n. 1*) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном

3

| | |
|--|---|
| случае: <i>связь между внутренней энергией идеального газа и абсолютной температурой, уравнение Клапейрона – Менделеева</i>) | |
| <p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p> | 2 |
| <p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p> | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

22

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



Возможное решение

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

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

Таким образом, максимальная кинетическая энергия автомобиля равна

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

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

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|--|-------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула кинетической энергии, определение скорости по графику</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой 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> | 1 |

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

23

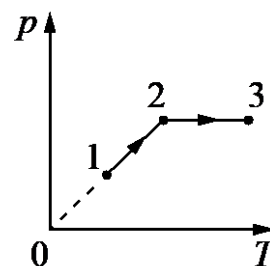
Магнитный поток через замкнутый и проводящий контур сопротивлением R равномерно изменился за $\Delta t = 10$ с на $\Delta\Phi = 10$ мВб. Количество теплоты, выделившееся в проводнике за это время, $Q = 5$ мкДж. Найдите сопротивление проводника. Самоиндукцией контура пренебречь.

| Возможное решение | |
|--|--------------|
| <p>1. ЭДС индукции, возникающая в контуре при изменении магнитного потока,</p> $ E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$ <p>2. По закону Джоуля – Ленца количество теплоты, выделяющееся в проводнике за время Δt,</p> $Q = \frac{ E ^2 \Delta t}{R} = \frac{\Delta\Phi^2}{R\Delta t}.$ <p>Откуда получим:</p> $R = \frac{\Delta\Phi^2}{\Delta t Q} = \frac{10^2 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 2 \text{ Ом.}$ <p>Ответ: $R = 2$ Ом</p> | |
| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон электромагнитной индукции, закон Джоуля – Ленца</u>);</p> | 2 |

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

24

Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах p – T . Известно, что давление газа p в процессе 1–2 увеличилось в 2 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура T в состоянии 1 равна 300 К, а в состоянии 3 равна 900 К?



Возможное решение

Для определения количества теплоты Q_{123} необходимо сложить количества теплоты, сообщённые газу на участках 1–2 и 2–3: $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$.

Исходя из приведённого графика, можно сделать вывод, что процесс 1–2 является изохорным. Для него, как следует из уравнения Клапейрона – Менделеева,

$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$, откуда $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 2$. Следовательно,

$T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 2T_1 = 300 \cdot 2 = 600$ К. Работа газа в процессе 1–2 равна нулю,

и для него первый закон термодинамики с учётом выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа принимает вид:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 \approx 3,74 \text{ кДж.}$$

Процесс 2–3 является изобарным с давлением $p = p_2 = \text{const}$, для него первый закон термодинамики принимает вид: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$, где

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ – изменение внутренней энергии газа,

$A_{23} = p_2 (V_3 - V_2)$ – совершённая газом работа. Из уравнения Клапейрона – Менделеева $pV = \nu RT$ следует, что

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2). \quad \text{Таким образом,}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 6,23 \text{ кДж.}$$

В результате $Q_{123} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 10$ кДж.

Ответ: $Q \approx 10$ кДж

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|---|-------|
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы: Д) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первый закон термодинамики, формулы для внутренней энергии одноатомного идеального газа и для работы газа на изобаре, уравнение Клапейрона – Менделеева</i>); | 3 |

| | |
|---|---|
| <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p> | |
| <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p> | 2 |
| <p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p> | 1 |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p> | 0 |

25

Электрическая цепь состоит из источника тока с конечным внутренним сопротивлением и реостата. Сопротивление реостата можно изменять в пределах от 1 Ом до 5 Ом. Максимальная мощность тока P_{\max} , выделяющаяся на реостате, равна 4,5 Вт и достигается при сопротивлении реостата $R = 2$ Ом. Какова ЭДС источника?

Возможное решение

По закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$$

где напряжение на реостате $U = IR$.

Мощность, выделяемая на реостате,

$$P = IU = I(\mathcal{E} - Ir).$$

Корни уравнения $I(\mathcal{E} - Ir) = 0$:

$$I_1 = 0, I_2 = \mathcal{E}/r.$$

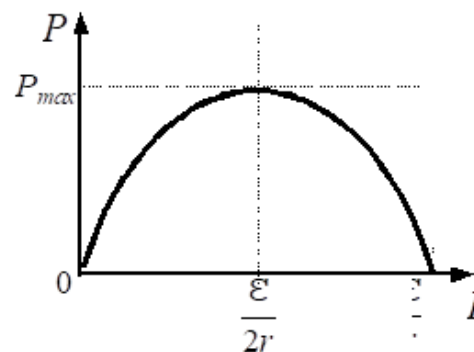
Поэтому максимум функции $P(I)$

достигается при $I = \mathcal{E}/(2r)$ и равен

$P_{\max} = \mathcal{E}^2/(4r)$. С другой стороны, $P = I^2R = \mathcal{E}^2R/(r + R)^2$. Отсюда получаем, что P_{\max} достигается при $R = r$.

Поэтому $P_{\max} = \mathcal{E}^2/(4R)$. ЭДС источника $\mathcal{E} = \sqrt{4R P_{\max}} = 6$ В.

Ответ: $\mathcal{E} = 6$ В.

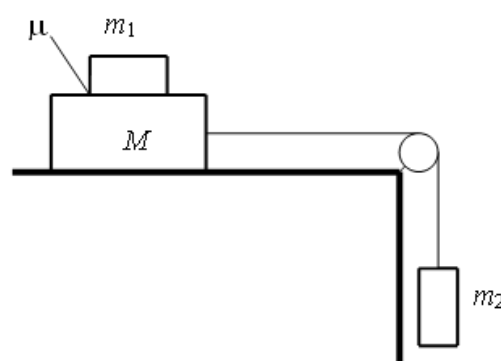


| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|---|-------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Ома для полной цепи, закон Ома для участка цепи, формула для мощности тока);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p> | 3 |
| <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> | 2 |

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

Система грузов M , m_1 и m_2 , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола – горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами M и m_1 равен $\mu = 0,2$. Грузы M и m_2 связаны невесомой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть $M = 1,2$ кг, $m_1 = m_2 = m$. При каких значениях m грузы M и m_1 движутся как одно целое? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**



Возможное решение

Обоснование

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной со столом. При нахождении ускорений тел будем применять второй закон Ньютона, сформулированный для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и о воздух пренебрежём; блок будем считать невесомым.

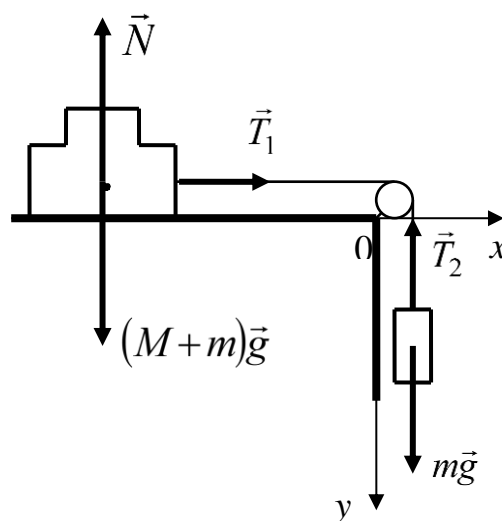
Пока грузы M и m_1 движутся как одно целое, будем считать их одним телом $M + m$ сложной формы. На рисунке показаны внешние силы, действующие на это тело и на груз m_2 .

2. Так как нить нерастяжима, ускорения грузов равны по модулю:

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

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

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



Решение

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

$$\left. \begin{array}{l} Ox: (M + m)a_1 = T_1 \\ Oy: ma_2 = mg - T_2 \end{array} \right\}$$

Учтем, что

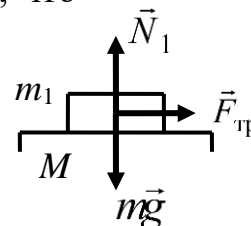
$$T_1 = T_2 = T, \quad a_1 = a_2 = a \text{ и сложим уравнения.}$$

Получим:

$$(M + 2m)a = mg, \text{ откуда } a = g \frac{m}{M + 2m}.$$

3. Рассмотрим груз m_1 отдельно. Запишем для него второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy и учтем, что груз m_1 покоится относительно груза M :

$$\left. \begin{array}{l} Ox: ma = F_{\text{тр}} \\ Oy: mg - N_1 = 0 \\ F_{\text{тр}} \leq \mu N_1 \end{array} \right\}$$



Получим:

$$ma \leq \mu N_1 = \mu mg, \text{ откуда } a = g \frac{m}{M + 2m} \leq \mu g.$$

Решая неравенство

$$\frac{m}{M + 2m} \leq \mu$$

относительно m , получим:

$$m \leq \frac{\mu M}{1 - 2\mu} = 0,4 \text{ кг.}$$

| Критерии оценивания выполнения задания | Баллы |
|--|-------|
| Критерий 1 | |
| Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор ИСО, модель материальной точки, равенство модулей сил натяжения нитей и модулей ускорений брусков</i> | 1 |
| В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует | 0 |
| Критерий 2 | |
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>II закон Ньютона для трёх 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. | 2 |

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