

Единый государственный экзамен  
по ФИЗИКЕ

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 30 заданий.

В заданиях 3–5, 9–11, 14–16 и 20 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 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность цифр. 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.

Ответ: 

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
| 4 | 1 |

4 1

Ответом к заданию 22 является 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.

Ответ: (1,4 ± 0,2) н. 1 , 4 0 , 2 Бланк

Ответ к заданиям 24–30 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 гелиевой 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, что ответ на каждое задание в бланках ответов №1 и №2 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 <sup>9</sup>  | санتي        | с           | 10 <sup>-2</sup>  |
| мега         | М           | 10 <sup>6</sup>  | милли        | м           | 10 <sup>-3</sup>  |
| кило         | к           | 10 <sup>3</sup>  | микро        | мк          | 10 <sup>-6</sup>  |
| гекто        | г           | 10 <sup>2</sup>  | нано         | н           | 10 <sup>-9</sup>  |
| деци         | д           | 10 <sup>-1</sup> | пико         | п           | 10 <sup>-12</sup> |

**Константы**

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

**Соотношение между различными единицами**

|                                     |                                        |
|-------------------------------------|----------------------------------------|
| температура                         | 0 К = -273 °С                          |
| атомная единица массы               | 1 а.е.м. = 1,66 · 10 <sup>-27</sup> кг |
| 1 атомная единица массы эквивалента | 931 МэВ                                |
| 1 электронвольт                     | 1 эВ = 1,6 · 10 <sup>-19</sup> Дж      |

**Масса частиц**

|           |                                                            |
|-----------|------------------------------------------------------------|
| электрона | 9,1 · 10 <sup>-31</sup> кг ≈ 5,5 · 10 <sup>-4</sup> а.е.м. |
| протона   | 1,673 · 10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,007 а.е.м.                |
| нейтрона  | 1,675 · 10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,008 а.е.м.                |

**Плотность**

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| подсолнечного масла | 900 кг/м <sup>3</sup>   |
| воды                | 1000 кг/м <sup>3</sup>  |
| алюминия            | 2700 кг/м <sup>3</sup>  |
| древесины (сосна)   | 400 кг/м <sup>3</sup>   |
| железа              | 7800 кг/м <sup>3</sup>  |
| керосина            | 800 кг/м <sup>3</sup>   |
| ртути               | 13600 кг/м <sup>3</sup> |

**Удельная теплоёмкость**

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 220926



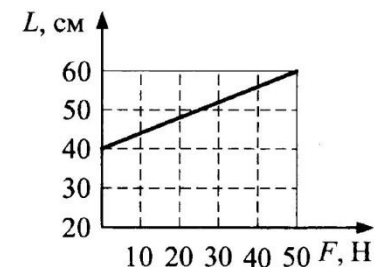
|                                                                                  |                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| воды $4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)                                                  | алюминия 900 Дж/(кг·К)                      |
| льда $2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)                                                  | меди 380 Дж/(кг·К)                          |
| железа 460 Дж/(кг·К)                                                             | чугуна 800 Дж/(кг·К)                        |
| свинца 130 Дж/(кг·К)                                                             |                                             |
| <b>Удельная теплота</b>                                                          |                                             |
| 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 1–23 являются число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

По графику зависимости длины пружины от величины растягивающей её силы определите потенциальную энергию растянутой пружины при  $L = 60$  см.



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

2

Мячик массой 500 г брошен под углом  $45^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v = 10$  м/с. Определите модуль силы тяжести, действующей на мячик в верхней точке траектории.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3

Сила тяжести, действующая на Земле на кубик объемом  $0,1$  м<sup>3</sup>, равна 900 Н. Определите плотность материала кубика.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг/м<sup>3</sup>.



4 На рисунке показана модель свободных колебаний математического маятника.

Полная механическая энергия груза при прохождении положения равновесия равна 20 Дж.

Из приведенного ниже списка выберите все верные утверждения и укажите их номера.

- 1) Потенциальная энергия изменяется от 0 до 20 Дж.
- 2) Потенциальная энергия не изменяется и равна 20 Дж.
- 3) Потенциальная энергия изменяется от 0 до 10 Дж.
- 4) Потенциальная энергия не изменяется и равна 10 Дж.
- 5) В математическом маятнике по закону сохранения энергии в процессе колебаний кинетическая энергия переходит в потенциальную, а потенциальная – в кинетическую.

Ответ: \_\_\_\_\_.

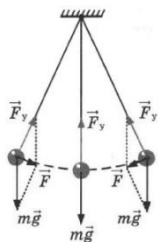
5 Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняется скорость груза и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 1 к точке 2?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

| Скорость груза | Жёсткость пружины |
|----------------|-------------------|
|                |                   |

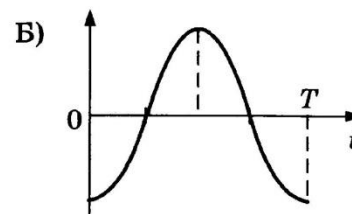
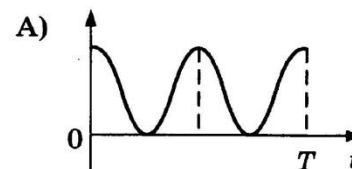


6 В начальный момент времени груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя. Графики, характеризующие дальнейшее изменение параметров его движения, представлены в левом столбце.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами (правый столбец), зависимость которых от времени они могут представлять.

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

# ГРАФИКИ



# ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

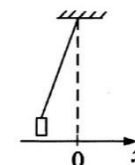
- 1) координата  $x$
- 2) проекция скорости  $v_x$
- 3) кинетическая энергия  $E_k$
- 4) потенциальная энергия  $E_n$

Ответ:

| А | Б |
|---|---|
|   |   |

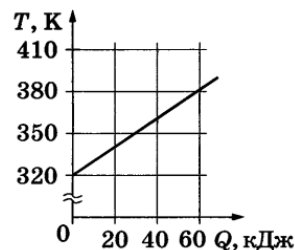
7 При охлаждении разреженного гелия его средняя кинетическая энергия уменьшилась вдвое. Во сколько раз изменилась при этом его абсолютная температура?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз (а).



8

На рисунке изображён график зависимости температуры тела массой 500 г от подводимого к нему количества теплоты. Определите удельную теплоёмкость этого вещества.



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг·К).

9

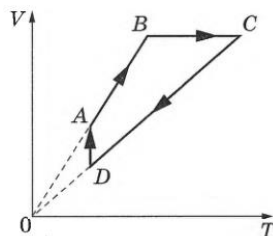
Внешние силы совершили над идеальным газом положительную работу  $A = 2000$  Дж в изобарном сжатии. Найдите количество теплоты, отданное этим газом окружающей среде. Газ одноатомный.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10

На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах  $V-T$ , где  $V$  – объём газа,  $T$  – абсолютная температура газа. Количество вещества постоянно.

Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процессы на графике..



- 1) Газ за цикл не совершает работу.
- 2) Давление газа в процессе AB постоянно, при этом внешние силы над газом совершают положительную работу.
- 3) В процессе BC газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 4) В процессе CD внутренняя энергия газа уменьшается.
- 5) В процессе DA давление газа изотермически уменьшается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

11

В процессе сжатия 1 моль разреженного аргона его внутренняя энергия всё время остаётся неизменной. Как изменяются при этом температура аргона и его объём?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

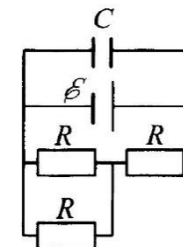
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменится

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

| Температура аргона | Объём аргона |
|--------------------|--------------|
|                    |              |

12

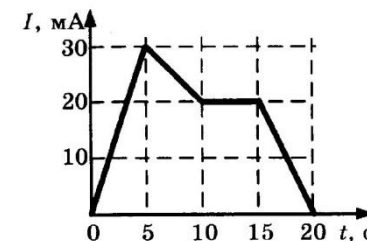
Определите ЭДС источника, если конденсатор ёмкостью  $C = 200$  мкФ имеет заряд  $q = 15$  мКл, сопротивление каждого из резисторов  $R = 1$  Ом, а внутреннее сопротивление источника  $r = 0,5$  Ом (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

13

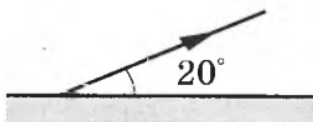
В цепи индуктивностью 1 Гн протекает переменный ток. График изменения силы тока  $I$  изображен на рисунке. Какое значение принимает ЭДС самоиндукции в период времени с 5 по 10 секунду?



Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

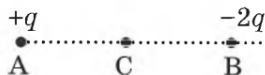


- 14 Угол между зеркалом и отражённым от него лучом равен  $20^\circ$  (см. рисунок). Определите угол падения.



Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

- 15 Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках А и В, несут на себе заряды  $+q > 0$  и  $-2q$  соответственно (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения и укажите их номера.

- 1) На бусинку А со стороны бусинки В действует сила Кулона, направленная горизонтально влево.
- 2) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке С направлена горизонтально вправо.
- 3) Модули сил Кулона, действующих на бусинки, одинаковы.
- 4) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут притягивать друг друга.
- 5) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут равными.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 16 Цепь постоянного тока содержит источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$ , резистор  $R_1$  и реостат  $R_2$ , как показано на рисунке. Как изменятся сила тока в цепи и суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи, если уменьшить сопротивление реостата  $R_2$  до минимума? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

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.

| Сила тока в цепи | Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                  |                                                                   |

- 17 Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивностью  $4 \text{ мГн}$ . Заряд на пластинах конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой  $q(t) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(5000t)$  (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени в условиях данной задачи.

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

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

#### ФОРМУЛЫ

- |                                             |                                          |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| А) сила тока $i(t)$ в колебательном контуре | 1) $1 \cdot \cos(5000t + \pi/2)$         |
| Б) энергия $W_L(t)$ магнитного поля катушки | 2) $20 \cdot \sin(5000t)$                |
|                                             | 3) $2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin^2(5000t)$ |
|                                             | 4) $2 \cdot 10^{-3} \cdot \cos^2(5000t)$ |

Ответ:

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |



- 18 Красный свет с длиной волны  $\lambda = 660$  нм переходит из воды (показатель преломления  $n = 1,33$ ) в воздух. Чему равно отношение между энергией фотона в воде и в воздухе?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19 Как изменятся при  $\alpha$ -распаде массовое число ядра и количество нейтронов в нем?

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.

| Массовое число заряда | Количество нейтронов |
|-----------------------|----------------------|
|                       |                      |

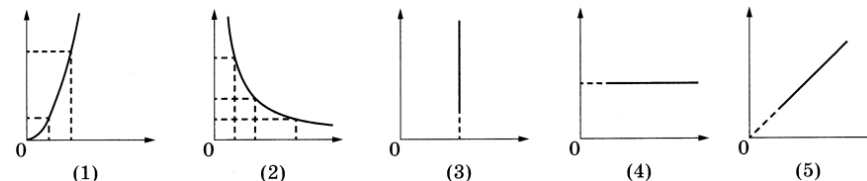
- 20 Выберите **все** верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При неупругом столкновении двух тел механическая энергия не сохраняется.
- 2) Равномерное движение – это такое движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит равные расстояния.
- 3) Электрический ток – направленное движение электронов.
- 4) При преломлении электромагнитных волн на границе воздух-вода скорость волны уменьшается.
- 5) Удельная теплота плавления показывает какое количество теплоты надо подвести к телу массой 1 кг, чтобы расплавить его.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 21 Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость потенциальной энергии упруго деформированной пружины жёсткостью  $k$  от удлинения пружины
- Б) зависимость объема постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры в изохорном процессе
- В) зависимость модуля магнитного потока через катушку индуктивностью  $L$  от силы тока через катушку

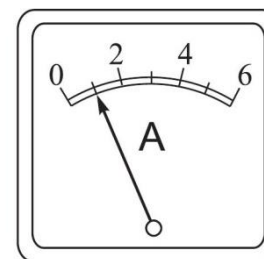


Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
|   |   |   |

- 22 В ходе лабораторной работы измеряли силу тока в цепи постоянного тока. Показания амперметра приведены на рисунке. Погрешность измерения равна половине цены деления амперметра. Чему равна сила тока в цепи по результатам эксперимента?

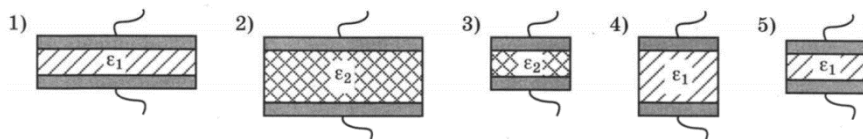


Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) А.



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

- 23 Конденсатор состоит из двух круглых пластин, между которыми находится диэлектрик ( $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость диэлектрика). Необходимо экспериментально установить, как зависит ёмкость конденсатора от расстояния между его пластинами. Какие два конденсатора следует использовать для проведения такого исследования?



В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

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

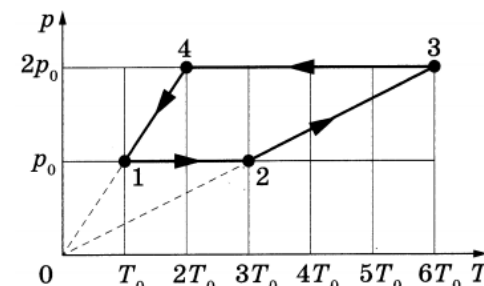
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

*Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

## Часть 2

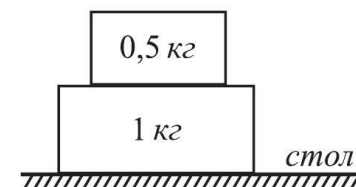
*Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

- 24 1 моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  – давление газа,  $T$  – абсолютная температура. Постройте график цикла в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  – давление газа,  $V$  – объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 1–2 меньше модуля работы внешних сил в процессе 3–4.



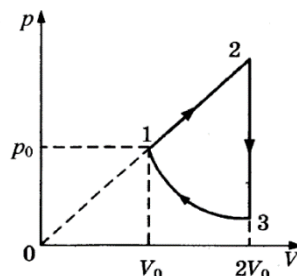
*Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

- 25 Деревянный брусок массой 0,5 кг лежит на деревянном бруске массой 1 кг. Коэффициент трения между брусками равен 0,35, а коэффициент трения между нижним бруском и столом равен 0,2. Какую максимальную силу можно приложить к большему бруску, чтоб меньший брусок оставался в покое относительно него?

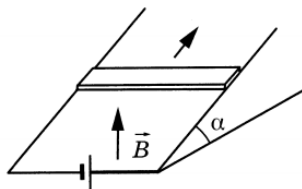


- 26 Металлическую пластину освещают монохроматическим светом с длиной волны 500 нм. Определите максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих с поверхности пластины, если работа выхода электронов из данного металла составляет 1,4 эВ.

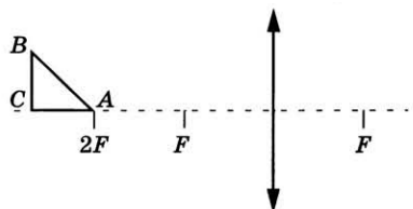
- 27 Циклический процесс, проводимый над одноатомным идеальным газом, представлен на рисунке. На участке 1—2 газ совершает работу  $A_{12} = 1000$  Дж. Участок 3—1 — адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно  $|Q_{\text{хол}}| = 3370$  Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу  $|A_{31}|$  внешних сил в адиабатном процессе.



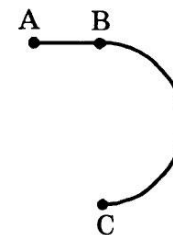
- 28 На проводящих рельсах, проложенных по наклонной плоскости, в однородном вертикальном магнитном поле  $\vec{B}$  находится горизонтальный прямой проводник прямоугольного сечения массой  $m = 14$  г (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ , расстояние между рельсами  $L = 40$  см. Когда рельсы подключены к источнику тока, по проводнику течёт постоянный ток  $I = 3$  А и проводник поступательно движется вверх по рельсам равномерно и прямолинейно. Коэффициент трения между проводником и рельсами  $\mu = 0,2$ . Чему равен модуль индукции магнитного поля  $\vec{B}$ ? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на проводник.



- 29 Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A, расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы,  $AC = 4$  см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



- 30 Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остается постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС — полуокружность.



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



## Система оценивания экзаменационной работы по физике

## Задания 1–26

Правильное выполнение каждого из заданий 1–3, 7–9, 12–14, 18, 22 и 23 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 23 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 5, 6, 11, 16, 17 и 19, 21 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. 1 балл выставляется, 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 4, 10, 15 и 20 оценивается 2 баллами. 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. 1 балл выставляется, 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             | 5                | 12            | 100              |
| 2             | 5                | 13            | 2                |
| 3             | 900              | 14            | 70               |
| 4             | 15 51            | 15            | 23 32            |
| 5             | 13               | 16            | 11               |
| 6             | 41               | 17            | 13               |
| 7             | 0,5              | 18            | 1                |
| 8             | 2000             | 19            | 22               |
| 9             | 5000             | 20            | 145              |
| 10            | 45 54            | 21            | 145              |

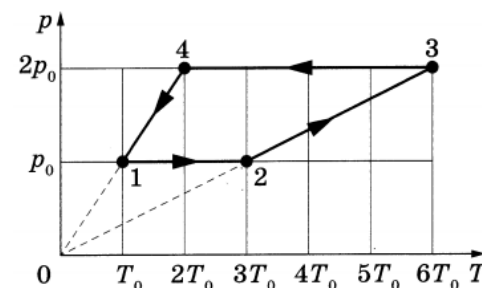
|    |    |    |       |
|----|----|----|-------|
| 11 | 32 | 22 | 10,5  |
|    |    | 23 | 45 54 |

## Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Выполнение заданий 24–30 (с развёрнутым ответом) оценивается предметной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до максимального балла.

24

1 моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  – давление газа,  $T$  – абсолютная температура. Постройте график цикла в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  – давление газа,  $V$  – объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 1–2 меньше модуля работы внешних сил в процессе 3–4.



## Возможное решение:

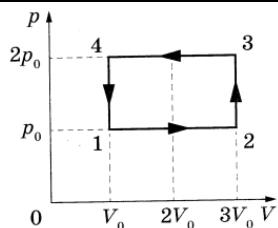
1.  $A_{23}/|A_{41}| = 2$ .

2. Перестроим график цикла в координатах  $p$ – $V$ . Процесс 1–2 является изобарным, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 3 раза, а значит, согласно закону Гей-Люссака ( $V / T = \text{const}$ ) и объём газа увеличился в 3 раза.

Процесс 2–3 является изохорным, поскольку его график в координатах  $p$ – $T$  проходит через начало координат ( $p / T = \text{const}$ ). В этом процессе и давление, и абсолютная температура газа увеличились в 2 раза.



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <p>В процессе 3–4 газ изобарно уменьшил свою абсолютную температуру в 3 раза, а в процессе 4–1 изохорно вернулся в исходное состояние (см. рисунок).</p> <p>3. Из графика видно, что работа газа в процессе 1–2 <math>A_{12} = p_0(3V_0 - V_0) = 2p_0V_0</math>, а модуль работы внешних сил в процессе 3–4 <math> A_{34}  = 2p_0(3V_0 - V_0) = 4p_0V_0</math>. Таким образом, искомое отношение <math> A_{34} /A_{12} = 2</math>.</p> <p><b>Ответ:</b> <math> A_{34} /A_{12} = 2</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |
| Критерии оценивания выполнения задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Баллы |
| Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3     |
| <p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются 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>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p> | 2     |
| Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1     |



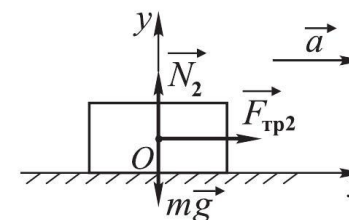
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           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

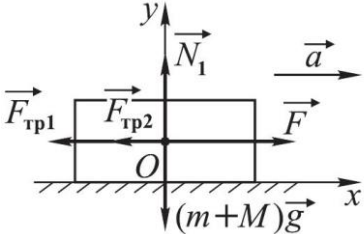
25

Деревянный брусок массой 0,5 кг лежит на деревянном бруске массой 1 кг. Коэффициент трения между брусками равен 0,35, а коэффициент трения между нижним бруском и столом равен 0,2. Какую максимальную силу можно приложить к большему бруску, чтоб меньший брусок оставался в покое относительно него?

**Возможное решение:**

1. Для того, чтобы брусок оставался в покое относительно большего, необходимо, чтобы бруски двигались с одним ускорением. Рисунок для меньшего бруска:



| <p>Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси <math>Ox</math>, <math>Oy</math>:</p> $\begin{cases} Ox: F_{\text{тр}2} = ma \\ Oy: N_2 - mg = 0 \end{cases}$ <p>Учитывая, что <math>F_{\text{тр}2} = \mu_2 N</math>, получим: <math>\mu_2 N = ma</math>, <math>\mu_2 mg = ma</math>,<br/> <math>a = \mu_2 g</math> (1)</p> <p>Рисунок и второй закон Ньютона для большего бруска:</p>  $\begin{cases} Ox: F - F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} = Ma \\ Oy: N_1 - (m + M)g = 0. \end{cases}$ <p>Учитывая (1) и то, что <math>F_{\text{тр}1} = \mu_1 N_1</math>, получим:</p> $\begin{aligned} F - \mu_1 N_1 - \mu_2 N_2 &= Ma, \\ F - \mu_1 (m + M)g - \mu_2 mg &= \mu_2 gM, \\ F &= \mu_1 g(m + M) + \mu_2 g(m + M), \\ F &= g(m + M)(\mu_1 + \mu_2). \end{aligned}$ <p>Подставив числовые данные, получим: <math>F = 10 \cdot 1,5 \cdot 0,55 = 8,25</math> (Н).<br/>         Ответ: 8,25 Н.</p> |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Критерии оценивания выполнения задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Баллы |
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>Г) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: равенство ускорений брусков; второй закон Ньютона, связь силы трения и силы реакции опоры);</p> <p>П) 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |
| <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>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>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>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 |
| Максимальный балл                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2 |

26

Металлическую пластину освещают монохроматическим светом с длиной волны 500 нм. Определите максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих с поверхности пластины, если работа выхода электронов из данного металла составляет 1,4 эВ.

**Возможное решение:**

Воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:

$h\nu = A_{\text{вых}} + E_k$ , где  $\nu = \frac{c}{\lambda}$  – частота света,  $E_k = \frac{m_e v^2}{2}$  – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов. Тогда:



| $\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v^2}{2},$ <p>где <math>m_e</math> – масса электрона. Отсюда</p> $v = \sqrt{\frac{2}{m_e} \left( \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right)}.$ <p>Получаем <math>v = 615 \cdot 10^3</math> м/с = 615 км/с.<br/>         Ответ: <math>v = 615</math> км/с.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Критерии оценивания выполнения задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Баллы |
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Эйнштейна, формулы для частоты света и кинетической энергии</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1     |

|                                                                                                                                                                       |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 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)                                                                      |   |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла                                                               | 0 |
| <i>Максимальный балл</i>                                                                                                                                              | 2 |

27

Циклический процесс, проводимый над одноатомным идеальным газом, представлен на рисунке. На участке 1—2 газ совершает работу  $A_{12} = 1000$  Дж. Участок 3—1 – адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно  $|Q_{\text{хол}}| = 3370$  Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу  $|A_{31}|$  внешних сил в адиабатном процессе.

| Возможное решение:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <p>1) Работа газа на участке 1—2 равна площади под графиком:</p> $A_{12} = \frac{p_2 + p_1}{2} (V_2 - V_1).$ <p>Из условия задачи <math>\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}</math> (давление пропорционально объёму), откуда <math>p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1} = 2p_0</math>. Следовательно, <math>A_{12} = \frac{3}{2} p_0 V_0</math>.</p> <p>2) На участке 2—3 (изохора) рабочее тело отдаёт холодильнику количество теплоты <math> Q_{\text{хол}}  = U_2 - U_3</math>, где <math>U_2</math> и <math>U_3</math> – внутренняя энергия газа в состояниях 2 и 3 соответственно.</p> <p>На участке 3—1 (адиабата, <math>Q=0</math>) внешние силы сжимают газ, совершая работу <math> A_{31}  = U_1 - U_3 = (U_2 - U_3) - (U_2 - U_1) =  Q_{\text{хол}}  - (U_2 - U_1)</math>.</p> <p>3) Внутренняя энергия одноатомного идеального газа равна <math>U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV</math>, следовательно <math>U_2 - U_1 = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} (2p_0 \cdot 2V_0 - p_0 V_0) = \frac{9}{2} p_0 V_0</math>.</p> <p>4) Объединяя 1)–3), получим <math>U_2 - U_1 = 3A_{12}</math>.<br/>         Отсюда <math> A_{31}  =  Q_{\text{хол}}  - 3A_{12} = 370</math> Дж.<br/>         Ответ: <math> A_{31}  = 370</math> Дж.</p> |       |
| Критерии оценивания выполнения задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Баллы |
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3     |

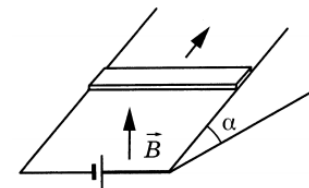


|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>внутренняя энергия идеального газа, работа газа, изохорный процесс, адиабатический процесс</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, 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> | 2 |
| <p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <p>преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p> |   |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0 |
| <i>Максимальный балл</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3 |

28

На проводящих рельсах, проложенных по наклонной плоскости, в однородном вертикальном магнитном поле  $\vec{B}$  находится горизонтальный прямой проводник прямоугольного сечения массой  $m = 14$  г (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ , расстояние между рельсами  $L = 40$  см. Когда рельсы подключены к источнику тока, по проводнику течёт постоянный ток  $I = 3$  А и проводник поступательно движется вверх по рельсам равномерно и прямолинейно. Коэффициент трения между проводником и рельсами  $\mu = 0,2$ . Чему равен модуль индукции магнитного поля  $\vec{B}$ ? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на проводник.

**Возможное решение:**

- На проводник с током со стороны магнитного поля действует сила Ампера  $\vec{F}_A$ , равная по модулю  $IBL$  и направленная горизонтально, перпендикулярно проводнику.
- Силы, действующие на проводник, показаны на рисунке. Считая систему отсчёта, связанную с наклонной плоскостью, инерциальной, запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  (см. рисунок):

$$Ox: F_A \cos \alpha - mg \sin \alpha - F_{тр} = 0; \quad (1)$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha - F_A \sin \alpha = 0. \quad (2)$$



| <p>Брусек скользит по наклонной плоскости, поэтому <math>F_{\text{тр}} = \mu N</math>. (3)</p> <p>3. Решаем систему уравнений (1)–(3). Из уравнения (2) выражаем <math>N</math>, подставляем полученное выражение в уравнение (3) и получаем выражение для <math>F_{\text{тр}}</math>. Подставив его в (1), получаем уравнение для <math>F_A</math>:</p> $F_A \cos \alpha - mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha - \mu F_A \sin \alpha = 0.$ <p>Его решение:</p> $F_A = IBL = mg \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha},$ <p>откуда</p> $B = \frac{mg}{IL} \cdot \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = \frac{14 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{3 \cdot 0,4} \cdot \frac{\sin 30^\circ + 0,2 \cos 30^\circ}{\cos 30^\circ - \mu \sin 30^\circ} \approx 0,1 \text{ Тл.}$ <p><b>Ответ: <math>B \approx 0,1</math> Тл.</b></p> |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Критерии оценивания выполнения задания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Баллы |
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом;</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, 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 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>И (ИЛИ)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>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>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует <b>ОДНА</b> 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>ИЛИ</p> <p>В <b>ОДНОЙ</b> из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p> |   |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0 |
| Максимальный балл                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3 |



29

Два точечных источника света находятся на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии  $L = 1$  м друг от друга. Линза находится между ними. Расстояние от линзы до одного из источников  $x = 20$  см. Изображения обоих источников получились в одной точке. Найдите оптическую силу линзы. Постройте на отдельных рисунках изображения двух источников в линзе, указав ход лучей.

**Возможное решение:**

Длину  $x$  горизонтального катета  $A'C'$  изображения находим по формуле линзы:

$$\frac{1}{2F + a} + \frac{1}{2F - x} = \frac{1}{F'}$$

откуда

$$x = \frac{aF}{F + a} = \frac{a}{1 + aD}$$

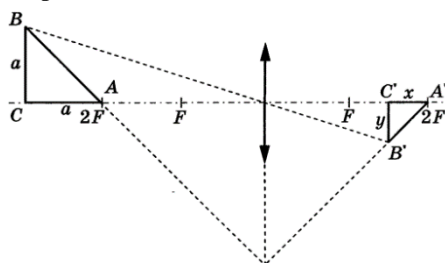
Длину  $y$  вертикального катета  $B'C'$  изображения находим из подобия:

$$y = a \cdot \frac{2F - x}{2F + a} = \frac{aF}{F + a} = \frac{a}{1 + aD} = x.$$

Площадь изображения

$$S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2(1 + aD)^2} \approx 6,6 \text{ см}^2$$

Ответ:  $S_1 \approx 6,6 \text{ см}^2$ .



**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: *формула тонкой линзы*);

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному

3

числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  
IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.  
Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)

Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.

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

ИЛИ

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

ИЛИ

В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически

2

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 220926



|                                                                                                                                                                                                           |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи<br>ИЛИ<br>Сделаны только правильные рисунки, на которых построены изображения двух источников с указанием хода лучей в линзе |   |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла                                                                                                   | 0 |
| Максимальный балл                                                                                                                                                                                         | 3 |

30

Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остается постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС – полуокружность.

|                                                                                                                                                                                                                                                           |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Возможное решение:</b>                                                                                                                                                                                                                                 |              |
| 1. Ускорение на прямолинейном участке определяется по формуле $a_1 = \frac{v}{t_1}$ , где $v$ – скорость в точке В, а $t_1$ – время движения по прямолинейному участку.                                                                                   |              |
| 2. Ускорение при движении по дуге окружности есть центростремительное ускорение и определяется по формуле $a_2 = \frac{v^2}{R}$ , где $R$ – радиус полуокружности. С учетом того, что на ВС $v = \frac{\pi R}{t_2}$ , получаем $a_2 = \frac{v\pi}{t_2}$ . |              |
| 3. Т.к. $a_1 = a_2$ , то $\frac{v}{t_1} = \frac{v\pi}{t_2}$ , откуда $\frac{t_2}{t_1} = \pi$                                                                                                                                                              |              |
| Ответ: $\frac{t_2}{t_1} = \pi$ .                                                                                                                                                                                                                          |              |
| <b>Критерии оценивания выполнения задания</b>                                                                                                                                                                                                             | <b>Баллы</b> |
| <b>Критерий 1</b>                                                                                                                                                                                                                                         |              |
| Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей)                                                                                                                                                                                      | 1            |
| В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка.<br>ИЛИ<br>Обоснование отсутствует                                                                                                                                      | 0            |
| <b>Критерий 2</b>                                                                                                                                                                                                                                         |              |
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы:                                                                                                                                                                                                  | 3            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: формула для заряда конденсатора, закон сохранения заряда, выражение для энергии конденсатора, ёмкость параллельно соединённых конденсаторов, закон сохранения энергии);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, 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. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>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>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>                                                                                                                                  | 2 |
| Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.<br><br>ИЛИ<br>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.<br><br>ИЛИ<br>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи |   |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0 |
| <i>Максимальный балл</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4 |

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособнадзора от 07.11.2018 № 190/1512, зарегистрирован Минюстом России 10.12.2018 № 52952)

«82. <...> По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют баллы за каждый ответ на задания экзаменационной работы ЕГЭ с развёрнутым ответом. <...>

В случае существенного расхождения в баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в баллах определено в критериях оценивания по соответствующему учебному предмету.

Эксперту, осуществляющему третью проверку, предоставляется информация о баллах, выставленных экспертами, ранее проверявшими экзаменационную работу».

Существенными считаются следующие расхождения.

1. Расхождение между баллами, выставленными двумя экспертами за выполнение любого из заданий 24–29 и за выполнение задания 30 по критерию К2, в 2 или более балла. В этом случае третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.

2. Расхождение в результатах оценивания двумя экспертами ответа на одно из заданий 24–30 заключается в том, что один эксперт указал на отсутствие ответа на задание, а другой выставил за выполнение этого задания ненулевой балл. В этом случае третий эксперт проверяет только ответы на задания, которые были оценены со столь существенным расхождением. Ситуации, в которых один эксперт указал на отсутствие ответа в экзаменационной работе, а второй эксперт выставил нулевой балл за выполнение этого задания, не являются ситуациями существенного расхождения в оценивании.

