

**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 31 задание.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 24–26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число 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: 7,5 см. **3 7, 5** Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21 и 23 является последовательность двух 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.

КИМ Ответ:

| | |
|---|---|
| А | Б |
| 4 | 1 |

7 4 1 Бланк

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: вправо **13 В П РА В О** Бланк

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: (14 ± 0,2) н. **22 1, 40, 2** Бланк

Ответ к заданиям 27–31 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношение между различными единицами

| | |
|-------------------------------------|---|
| температура | $0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| атомная единица массы | $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| 1 атомная единица массы эквивалента | 931 МэВ |
| 1 электронвольт | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ |

Масса частиц

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



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

| | | | |
|------------------------------|-------------------------------|----------|---------------|
| Удельная теплоёмкость | | | |
| воды | 4,2·10 ³ Дж/(кг·К) | алюминия | 900 Дж/(кг·К) |
| льда | 2,1·10 ³ Дж/(кг·К) | меди | 380 Дж/(кг·К) |
| железа | 460 Дж/(кг·К) | чугуна | 800 Дж/(кг·К) |
| свинца | 130 Дж/(кг·К) | | |
| Удельная теплота | | | |
| парообразования воды | 2,3·10 ⁶ Дж/К | | |
| плавления свинца | 2,5·10 ⁴ Дж/К | | |
| плавления льда | 3,3·10 ⁵ Дж/К | | |

Нормальные условия: давление - 10⁵ Па, температура – 0 °С

| | | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
| Молярная масса | | | |
| азота | 28·10 ⁻³ кг/моль | гелия | 4·10 ⁻³ кг/моль |
| аргона | 40·10 ⁻³ кг/моль | кислорода | 32·10 ⁻³ кг/моль |
| водорода | 2·10 ⁻³ кг/моль | лития | 6·10 ⁻³ кг/моль |
| воздуха | 29·10 ⁻³ кг/моль | неона | 20·10 ⁻³ кг/моль |
| воды | 18·10 ⁻³ кг/моль | углекислого газа | 44·10 ⁻³ кг/моль |

Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1 Мальчик столкнул санки с вершины горки. Сразу после толчка санки имели скорость 4 м/с, а у подножия горки она равнялась 14 м/с. Трение санок о снег пренебрежимо мало. Какова высота горки?

Ответ: _____ м

2 У поверхности Луны на космонавта действует сила тяготения 180 Н. Какая сила тяготения действует со стороны Луны на того же космонавта, если он находится на орбите на расстоянии полутора лунных радиусов от ее центра?

Ответ: _____ Н

3 При исследовании упругих свойств пружины ученик получил следующую таблицу результатов измерений силы упругости пружины и ее удлинения:

| | | | | | | |
|--------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| F, Н | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Δx, см | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Жесткость пружины равна

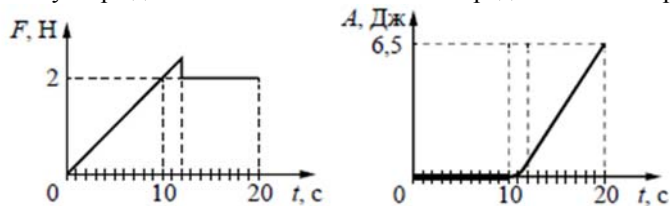
Ответ: _____ Н/м

4 Какова длина волны λ звуковых волн в среде, если скорость звука в этой среде v = 1500 м/с, а период звуковых колебаний T = 2·10⁻² с?

Ответ: _____ м.



- 5 На шероховатой поверхности лежит брусок массой 1 кг. На него начинает действовать горизонтальная сила, \vec{F} , направленная вдоль поверхности и зависящая от времени так, как показано на графике слева. Зависимость работы этой силы от времени представлена на графике справа. Выберите два верных утверждения на основании анализа представленных графиков.



- 1) В момент времени 10 с сила трения покоя равна 2 Н.
- 2) За первые 10 с брусок переместился на 20 м.
- 3) В момент времени 10 с сила трения скольжения равна 2 Н.
- 4) В интервале времени от 12 до 20 с брусок двигался с постоянным ускорением.
- 5) В интервале времени от 12 до 20 с брусок двигался с постоянной скоростью.

Ответ:

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

- 6 Сани скатываются с ледяной горки, расположенной под углом 45° к горизонту. Как изменятся ускорение санок и сила трения, если на санки сядет человек?

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

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

| | |
|-----------|-------------|
| Ускорение | Сила трения |
| | |

Ответ:

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

- 7 Кубик объемом V полностью погружен в жидкость плотностью ρ так, что его нижняя грань находится на глубине h под поверхностью воды, но не касается дна сосуда. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

| ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ | ФОРМУЛЫ |
|---|-----------------------|
| А) гидростатическое давление жидкости на нижнюю грань кубика | 1) $\rho g V$ |
| Б) выталкивающая сила, действующая на кубик со стороны жидкости | 2) $\rho g h V^{2/3}$ |
| | 3) $\rho g h$ |
| | 4) $\rho g V / h^2$ |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

| | |
|---|---|
| А | Б |
| | |

- 8 Сколько молекул содержится в газе объемом 2 м^3 при давлении 150 кПа и температуре 27°C ?

Ответ: _____ $\cdot 10^{25}$

- 9 При изохорном охлаждении внутренняя энергия уменьшилась на 350 Дж. А давление уменьшилось в 2 раза. Какую работу совершил при этом газ?

Ответ: _____ Дж.

- 10 В идеальном тепловом двигателе абсолютная температура нагревателя в 3 раза выше температуры холодильника. Нагреватель передал газу количество теплоты 40 кДж. Какую работу совершил газ? Ответ округлить до целого числа.

Ответ: _____ кДж.





11 Идеальный газ сжимают при постоянной температуре. В этом процессе

- 1) средняя энергия хаотичного движения молекул газа увеличивается
- 2) средняя энергия хаотичного движения молекул газа не меняется
- 3) молярная масса газа увеличивается
- 4) газ отдает определенное количество теплоты
- 5) газ получает определенное количество теплоты

Ответ:

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

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

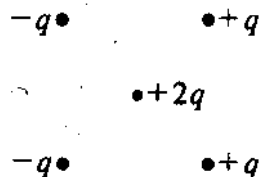
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

| | |
|-------------------|----------------|
| Температура гелия | Давление гелия |
| | |

13 Как направлена кулоновская сила F , действующая на положительный точечный заряд $2q$, помещенный в центр квадрата (см. рисунок), в вершинах которого находятся заряды: $+q$, $+q$, $-q$, $-q$?



Ответ: _____.

14 Луч света переходит из глицерина в воду. Определите угол преломления луча, если угол падения равен 30° ?

Ответ: _____⁰

15 Расстояние между пластинами квадратного плоского воздушного конденсатора со стороной 10 см равно 1 мм. Какова разность потенциалов между пластинами, если заряд конденсатора равен 1 нКл? Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____ В

16 Поверхность металла освещают светом частотой ν . При этом наблюдается фотоэффект. При увеличении частоты падающего света в 2 раза:

- 1) фотоэффект не будет происходить
- 2) количество фотоэлектронов увеличится в 2 раза
- 3) длина световой волны уменьшится в 2 раза
- 4) максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона увеличится более чем в 2 раза
- 5) максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона увеличится в 2 раза

Выберите два верных утверждения.

Ответ:

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

17 По проволочному резистору течет ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 4 раза и увеличении силы тока вдвое тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, и его электрическое сопротивление?

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

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

| | |
|-------------------|---------------------------------------|
| Тепловая мощность | Электрическое сопротивление резистора |
| | |

18 Пучок монохроматического света переходит из воды в воздух. Частота световой волны ν , длина волны в воде λ , показатель преломления воды относительно воздуха n .
Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

| ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ | ФОРМУЛЫ |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| А) скорость света в воздухе | 1) $\lambda \cdot \nu$ |
| Б) длина световой волны в воздухе | 2) $\lambda \cdot n$ |
| | 3) $\lambda \cdot \nu \cdot n$ |
| | 4) $\lambda \cdot n / \nu$ |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

| | |
|---|---|
| А | Б |
| | |

19 Атом фосфора ${}_{15}^{31}\text{P}$ содержит:

| Число электронов | Число нейтронов |
|------------------|-----------------|
| | |

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

20 Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Определите отношение частоты света первого пучка к частоте второго?

Ответ: _____

21 При освещении металлической пластины светом частотой ν наблюдается фотоэффект. Как изменятся работа выхода $A_{\text{вых}}$ и красная граница фотоэффекта при увеличении частоты падающего света в 2 раза?

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.

| Работа выхода $A_{\text{вых}}$ | «Красная граница» фотоэффекта |
|--------------------------------|-------------------------------|
| | |

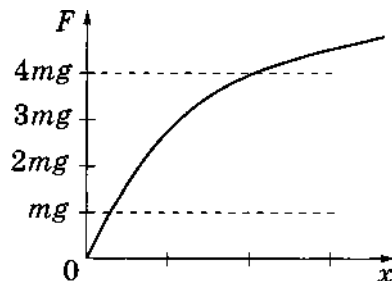
22 Плоский воздушный конденсатор зарядили и НЕ отключили от источника тока. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если расстояние между пластинами конденсатора увеличить в 2 раза?

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) увеличится в 2 раза | 2) уменьшится в 2 раза |
| 3) увеличится в 4 раза | 4) уменьшится в 4 раза |

Ответ: _____.



- 23 Зависимость модуля силы упругости резинового жгута F от удлинения x изображена на графике. Период малых вертикальных колебаний груза массой m , подвешенного на резиновом жгуте, равен T_0 .



Выберите *два* утверждения, соответствующих данному графику.

- 1) Для удлинения жгута закон Гука выполняется при всех используемых в опыте массах грузов.
- 2) Частота колебаний груза сначала увеличивается, а затем уменьшается.
- 3) При увеличении массы груза период его колебаний на резиновом жгуте увеличивается.
- 4) Период T малых вертикальных колебаний груза массой $4m$ на этом жгуте удовлетворяет соотношению $T > 2T_0$.
- 5) Период T малых вертикальных колебаний груза массой $4m$ на этом жгуте удовлетворяет соотношению $T < 0,5 T_0$.

Ответ:

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

Часть 2

Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число 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.

- 24 Ракета стартует с поверхности Земли и в течение 10 с движется с постоянным ускорением 5 м/с^2 . Затем двигатели ракеты выключаются. Найдите максимальную высоту, на которую поднимется ракета над поверхностью Земли?

Ответ: _____ м

- 25 Воздух нагревали в сосуде постоянного объёма. При этом абсолютная температура воздуха в сосуде повысилась в 4 раза, а его давление увеличилось в 2 раза. Оказалось, что кран у сосуда был закрыт плохо, и через него просачивался воздух. Во сколько раз уменьшилась масса воздуха в сосуде?

Ответ: _____ раза

- 26 Дифракционная решетка, имеющая 750 штрихов на 1 см, расположена параллельно экрану на расстоянии 1,5 м от него. На решетку перпендикулярно ее плоскости направляют пучок света. Определите длину волны света, если расстояние на экране между вторыми максимумами, расположенными слева и справа от центрального (нулевого), равно 22,5 см. Ответ выразите в микрометрах (мкм) и округлите до десятых. Считать $\sin \alpha = \text{tga}$.

Ответ: _____ мкм

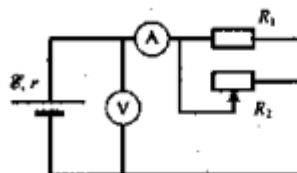
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Для записи ответов на задания 27–31 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.



- 27** На рисунке показана принципиальная схема электрической цепи, состоящей из источника тока с отличным от нуля внутренним сопротивлением, резистора, реостата и измерительных приборов — идеального амперметра и идеального вольтметра.

Используя законы постоянного тока, проанализируйте эту схему и выясните, как будут изменяться показания приборов при перемещении движка реостата *вправо*



Полное правильное решение каждой из задач 28–31 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.

- 28** Средняя плотность планеты Плюк равна средней плотности Земли, а первая космическая скорость для Плюка в 2 раза больше, чем для Земли. Чему равно отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Плюка по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника вокруг Земли? Объем шара пропорционален кубу радиуса.
- 29** В цилиндре под невесомым поршнем находится насыщенный водяной пар. Объем пара $V = 1 \text{ м}^3$. Определите наименьшую массу m_0 воды при температуре $t = 0^\circ\text{C}$, которую нужно впрыснуть в цилиндр, чтобы весь пар сконденсировался. Атмосферное давление $p = 10^5 \text{ Па}$. Теплоемкостью цилиндра и теплопроводностью его стенок можно пренебречь.
- 30** Горизонтальный проводник движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 1 Тл. Скорость проводника направлена горизонтально, перпендикулярно проводнику. При начальной скорости проводника, равной нулю, и ускорении 8 м/с^2 он через некоторое время переместился на 1 м. ЭДС индукции на концах проводника в конце перемещения равна 6 В. Какова длина проводника?
- 31** В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E = -13.6 \text{ эВ}$) поглощает фотон и ионизуется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью $V = 1000 \text{ км/с}$. Какова частота поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.