

## 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 26 заданий.

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

КИМ Ответ: -2,5 м/с<sup>2</sup>.      - 2 , 5

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

КИМ Ответ: 

А	Б

      4 1

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

КИМ Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.      1 , 4 0 , 2

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

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

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

**Желаем успеха!**

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

## Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10 <sup>9</sup>	санτι	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>

<b>Константы</b>	
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 = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ Н · м <sup>2</sup> /Кл <sup>2</sup>
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	e = 1,6 · 10 <sup>-19</sup> Кл
постоянная Планка	h = 6,6 · 10 <sup>-34</sup> Дж · с

<b>Соотношения между различными единицами</b>	
температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66 · 10 <sup>-27</sup> кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 <sup>-19</sup> Дж

<b>Масса частиц</b>	
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.

<b>Плотность</b>			
		подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древеси́ны (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>

<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	4,2 · 10 <sup>3</sup> Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	2,1 · 10 <sup>3</sup> Дж/(кг · К)	меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)	чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)		

**Удельная теплота**

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

**Нормальные условия:** давление –  $10^5$  Па, температура –  $0^\circ\text{C}$

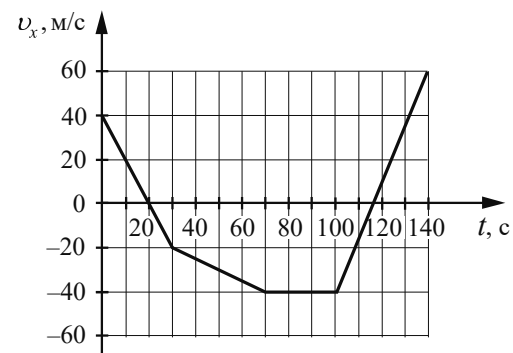
**Молярная масса**

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

**Часть 1**

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

- 1** На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



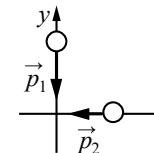
Определите проекцию  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 40 до 60 с. Ответ запишите с учётом знака проекции.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2** Под действием силы величиной 6 Н пружина удлинилась на 3 см. Чему равна величина силы, под действием которой удлинение этой пружины составит 4,5 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3** Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым по гладкой поверхности стола, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 0,8$  кг·м/с, второго –  $p_2 = 0,6$  кг·м/с. Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?

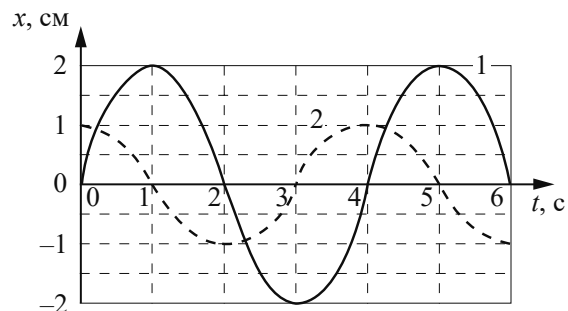


Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с.

- 4 На лодку, плавающую в воде, действует сила Архимеда величиной 2150 Н. Чему равна масса лодки?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

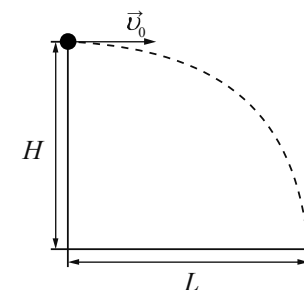
- 5 На рисунке приведены зависимости координат  $x$  двух грузов 1 и 2 от времени  $t$  в процессе их малых колебаний на гладкой горизонтальной плоскости. Грузы имеют одинаковую массу  $m$  и прикреплены к пружинам жёсткостью  $k_1$  (груз 1) и жёсткостью  $k_2$  (груз 2). Колебания груза 1 обозначены сплошной линией, груза 2 – пунктиром. Выберите все верные утверждения о движении грузов.



- 1) Максимальные потенциальные энергии деформированных пружин одинаковы.
- 2) Максимальная кинетическая энергия груза 1 в четыре раза больше, чем максимальная кинетическая энергия груза 2.
- 3) Амплитуды колебаний грузов одинаковы.
- 4) Периоды колебаний грузов одинаковы.
- 5) Жёсткость пружины  $k_1$  меньше жёсткости пружины  $k_2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 6 Шарик, брошенный горизонтально с высоты  $H$  с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , за время  $t$  пролетел в горизонтальном направлении расстояние  $L$  (см. рисунок). Как изменятся дальность полёта  $L$  и скорость шарика в момент падения, если, не меняя начальной скорости шарика, увеличить высоту  $H$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

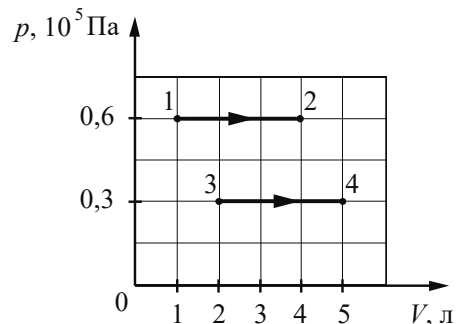
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Дальность полёта	Скорость шарика в момент падения

- 7 В сосуде содержится гелий под давлением 160 кПа. Концентрацию гелия увеличили в 2 раза, а среднюю кинетическую энергию теплового движения его молекул уменьшили в 4 раза. Определите установившееся давление газа.

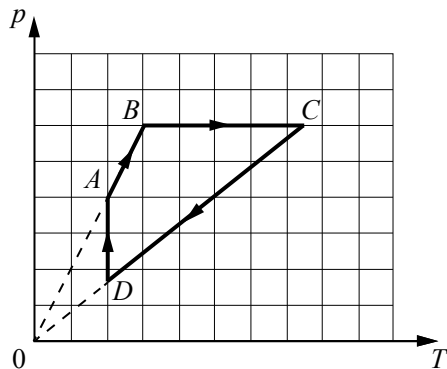
Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 8 На  $pV$ -диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного неона. Определите отношение  $\frac{A_{34}}{A_{12}}$  работ газа в этих процессах.



Ответ: \_\_\_\_\_.

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



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

- 1) В процессе  $CD$  газ изохорно охлаждается.
- 2) В процессе  $AB$  газу сообщают положительное количество теплоты.
- 3) В процессе  $BC$  газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 4) В процессе  $DA$  газ изотермически сжимают.
- 5) В процессе  $BC$  плотность газа увеличивается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10 Количество теплоты, полученное рабочим телом идеальной тепловой машины Карно от нагревателя за цикл, увеличили. Количество теплоты, отданное рабочим телом холодильнику за цикл, не изменилось. Температура холодильника осталась прежней. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа тепловой машины за цикл?

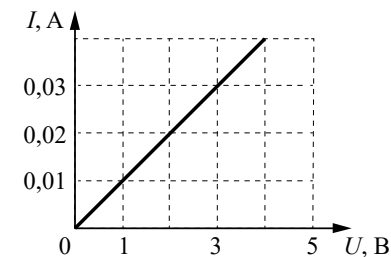
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

КПД тепловой машины	Работа тепловой машины за цикл

- 11 На рисунке показан график зависимости силы тока, протекающего в резисторе, от напряжения на его концах. Определите сопротивление резистора.

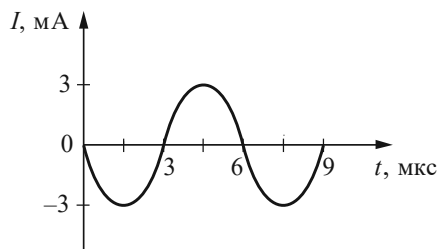


Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

- 12 Два прямолинейных проводника помещены в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции магнитного поля  $\vec{B}$ . Длина первого проводника равна  $L$ , сила протекающего по нему тока равна  $I$ . Длина второго проводника равна  $0,8L$ , сила протекающего по нему тока равна  $0,5I$ . Чему равно отношение  $\frac{F_2}{F_1}$  модулей сил Ампера, действующих на проводники?

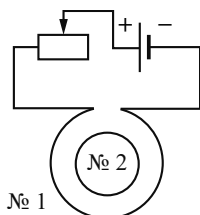
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13 На рисунке приведена зависимость силы тока  $I$  от времени  $t$  в колебательном контуре. Каким станет период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если конденсатор в нём заменить на другой конденсатор, ёмкость которого в 4 раза больше?



Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

- 14 Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1 и замкнута (см. рисунок).

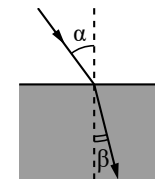


Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы, происходящие в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата *влево*. ЭДС самоиндукции пренебречь.

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

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15 Световой пучок переходит из воздуха в керосин (см. рисунок). Что происходит при этом переходе с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и скоростью её распространения? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



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

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

Частота	Скорость

- 16 Ядро изотопа полония  ${}^{195}_{84}\text{Po}$  испытывает  $\alpha$ -распад, при этом образуются  $\alpha$ -частица и ядро химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каков заряд  $Z$  ядра  $X$  (в единицах элементарного заряда)?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17 Как изменятся при  $\beta^-$ -распаде ядра изотопа эйнштейния  ${}^{256}_{99}\text{Es}$  массовое число ядра и заряд ядра? 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.

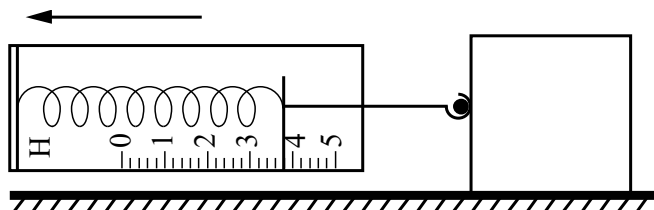
Массовое число ядра	Заряд ядра

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

- 1) При равномерном прямолинейном движении за любые равные промежутки времени тело совершает одинаковые перемещения.
- 2) В процессе изохорного нагревания постоянной массы газа он совершает положительную работу.
- 3) В цепи постоянного тока при последовательном соединении резисторов чем больше сопротивление резистора, тем меньше напряжение на нём.
- 4) Скорость распространения инфракрасного излучения в вакууме равна скорости света в вакууме.
- 5) Периодом полураспада называют промежуток времени, в течение которого распадается половина исходно большого числа атомов данного радиоактивного элемента.

Ответ: \_\_\_\_\_.

19 Динамометр с прикреплённым к нему бруском тянут влево, как показано на рисунке. Брусок движется с постоянной скоростью. Абсолютная погрешность измерения силы при помощи динамометра равна цене деления прибора. Запишите значение силы трения скольжения, действующей на брусок, с учётом абсолютной погрешности измерений.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) Н.

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

20 Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в сосуде, от объёма газа. У него имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены различными газами при различных температурах (см. таблицу). Массы газов одинаковы. Какие **два** сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести исследование?

№ сосуда	Объём сосуда, л	Температура газа в сосуде, К	Газ в сосуде
1	8	300	неон
2	10	180	аргон
3	8	320	аргон
4	12	300	неон
5	6	280	аргон

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

Ответ:

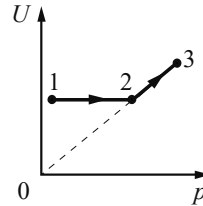


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

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

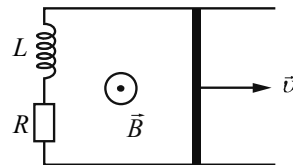
- 21 Постоянное количество одноатомного идеального газа участвует в процессе, который изображён на рисунке в переменных  $U$ – $p$ , где  $U$  – внутренняя энергия газа,  $p$  – его давление. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, определите, получает ли газ положительное количество теплоты или отдаёт его в процессах 1–2 и 2–3. Ответ поясните.



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

- 22 Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности Земли под углом  $60^\circ$  к горизонту, достиг максимальной высоты, равной 5 м. Сколько времени прошло от момента броска до того момента, когда скорость камня стала горизонтальной? Сопротивлением воздуха пренебречь.

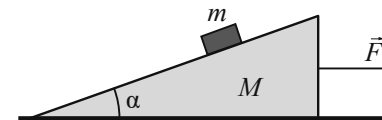
- 23 По двум горизонтальным параллельным проводящим рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением, замкнутым на последовательно соединённые резистор с сопротивлением  $R = 1$  Ом и катушку с индуктивностью  $L = 10$  мГн, скользит поступательно и равномерно проводящий стержень (см. рисунок). Расстояние между рельсами  $l = 10$  см. Рельсы со стержнем находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл. При этом энергия магнитного поля катушки  $W$  постоянна и равна 8 мкДж. Каков модуль скорости движения стержня? Сопротивлением стержня и катушки пренебречь. Рельсы закреплены на диэлектрической подложке.



- 24 Закрытый вертикальный цилиндрический сосуд, заполненный идеальным газом, разделён на две части тяжёлым поршнем, способным скользить без трения. В начальном равновесном состоянии в верхней и нижней частях сосуда находилось по  $\nu = 1$  моль газа, а отношение объёмов верхней и нижней частей сосуда было равно 2. После того как из верхней части сосуда полностью откачали газ, через длительный промежуток времени установилось новое состояние равновесия. Найдите отношение объёмов верхней и нижней частей сосуда после откачки газа. Температура газа  $T$  в обеих частях сосуда всё время поддерживалась одинаковой и постоянной.

- 25 В закрытом сосуде постоянного объёма находился воздух при нормальных условиях. Его нагрели электрическим нагревателем, сила тока в котором  $I = 2$  А при напряжении  $U = 100$  В. КПД нагревателя равен 13%. Через  $t = 10$  мин. давление в сосуде повысилось до  $p_2 = 4 \cdot 10^5$  Па. Чему равен объём сосуда? В данном процессе удельная теплоёмкость воздуха  $c = 716$  Дж/(кг·К), а его плотность при нормальных условиях  $\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>. Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

- 26 Под действием постоянной горизонтальной силы  $\vec{F}$  клин массой  $M = 1$  кг движется по гладкой горизонтальной поверхности стола. По шероховатой поверхности клина, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, равномерно (относительно клина) скользит вниз брусок массой  $m = 0,2$  кг. Коэффициент трения между бруском и клином  $\mu = 0,6$ . Найдите модуль ускорения клина. Сопротивлением воздуха пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на брусок. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**



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