

**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.

КМ Ответ: -2,5 м/с². -2,5 Бланк

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

KIM

[illegible]

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

КИМ Ответ: (1.4 ± 0.2) Н. 1, 40, 2 Бланк

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

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

После завершения работы проверьте, 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	10^9	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	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
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 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж

Масса частиц

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

Плотность

воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость

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	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°C

Молярная масса

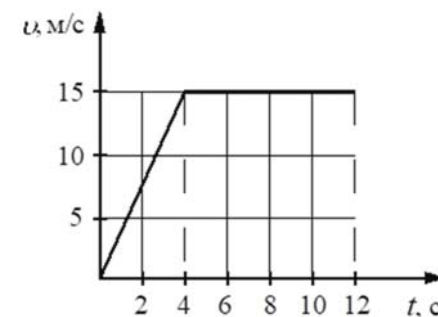
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр, слова. 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 пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке представлен график зависимости модуля скорости v тела от времени t . Найдите путь, пройденный телом за время от 0 до 12 с.



Ответ: _____ м

2

Два одинаковых маленьких шарика притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю $0,16$ пН. Каким станет модуль сил их гравитационного взаимодействия, если расстояние между шариками уменьшить в $1,5$ раза?

Ответ: _____ пН

3

В инерциальной системе отсчёта тело движется прямолинейно в одном направлении под действием постоянной силы, равной по модулю 8 Н. Импульс тела изменился на 24 кг·м/с. Сколько времени потребовалось для этого изменения импульса?

Ответ: _____ с

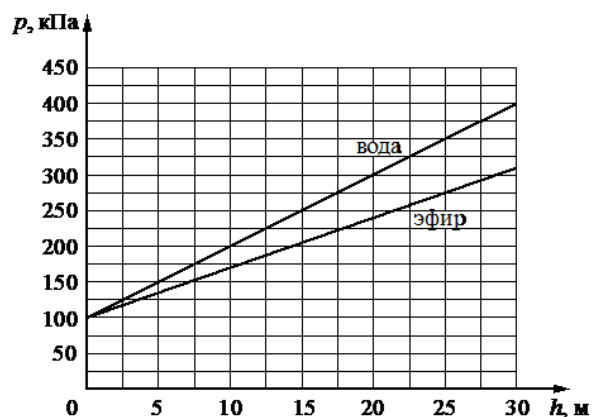
4

Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 400 Н/м, совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Пружину какой жёсткости надо взять вместо первой пружины, чтобы период свободных колебаний этого груза стал в 2 раза меньше?

Ответ: _____ Н/м

5

На рисунке представлены графики зависимости давления p от глубины погружения h для двух покоящихся жидкостей: воды и лёгкой жидкости эфира (плотность эфира $\rho_{\text{эф}} = 0,72 \text{ г/см}^3$), при постоянной температуре.



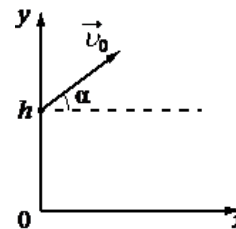
Выберите все верные утверждения, согласующихся с приведёнными графиками.

- 1) С глубиной погружения давление в воде возрастает быстрее.
- 2) В воде давление возрастёт вдвое на глубине 20 м.
- 3) Плотность оливкового масла $0,92 \text{ г/см}^3$, график аналогичной зависимости давления от глубины для масла окажется между зависимостью для эфира и осью абсцисс.
- 4) По мере подъёма из воды давление падает до нуля.
- 5) Плотность ртути $13,59 \text{ г/см}^3$, график аналогичной зависимости давления от глубины для ртути окажется между зависимостью для воды и осью ординат (вертикальной осью).

Ответ: _____.

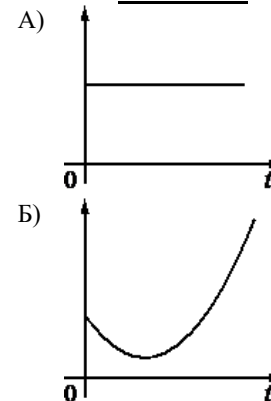
6

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



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Соппротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня $y = 0$.) К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция импульса мячика на ось y
- 2) кинетическая энергия мячика
- 3) модуль ускорения мячика a
- 4) потенциальная энергия мячика

Ответ:

А	Б

7

В сосуде неизменного объёма находится идеальный газ в количестве 1 моль. Во сколько раз увеличится давление газа на стенки сосуда, если добавить в сосуд ещё 3 моль того же газа, а абсолютную температуру газа уменьшить в 2 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

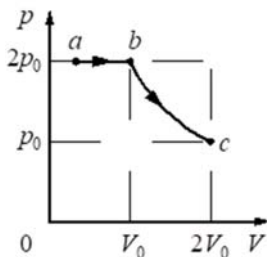
8

Температура куска металла с удельной теплоёмкостью $900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ понизилась со 120°C до 40°C . При этом выделилось количество теплоты, равное 108 кДж . Чему равна масса этого куска металла?

Ответ: _____ кг

9

В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар и капля воды. С паром в сосуде при постоянной температуре происходит процесс $a \rightarrow b \rightarrow c$, pV -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этого процесса.



- 1) В процессе $a \rightarrow b$ масса капли воды уменьшается;
- 2) В процессе $b \rightarrow c$ от пара отводится положительное количество теплоты;
- 3) В состоянии a водяной пар является ненасыщенным;
- 4) В процессе $a \rightarrow b$ внутренняя энергия пара постоянна;
- 5) В процессе $b \rightarrow c$ плотность пара уменьшается.

Ответ: _____

10

Температуру нагревателя тепловой машины Карно понизили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа 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 газа за цикл

11

Сила тока, текущего по проводнику, равна 6 А . Какой заряд пройдёт по проводнику за 30 с ?

Ответ: _____ Кл.

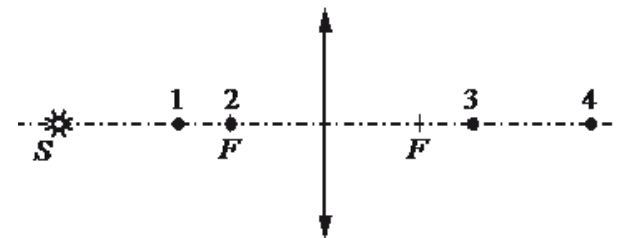
12

За промежуток времени Δt магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, равномерно уменьшается от 28 мВб до нуля. При этом в рамке генерируется ЭДС, равная 7 мВ . Определите промежуток времени Δt .

Ответ: _____.

13

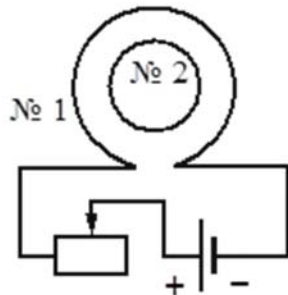
Какая точка является изображением точки S (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F ?



Ответ: _____.

14

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



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

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

Ответ: _____.

15

Частица массой m , несущая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиусом R со скоростью v . Как изменятся радиус орбиты и сила Лоренца, действующая на частицу, если её скорость уменьшится?

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.

Радиус орбиты частицы	Сила Лоренца, действующая на частицу

Ответ: _____.

16

Период полураспада T изотопа селена $^{81}_{34}\text{Se}$ равен 18 мин. Какая масса этого изотопа осталась в образце, содержащем первоначально 120 мг $^{81}_{34}\text{Se}$, через 54 мин.?

Ответ: в _____ мг

- 17 Монохроматический свет с энергией фотонов E_f падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается (запирающее напряжение), равно $U_{\text{зап}}$. Как изменятся модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ и длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов E_f уменьшится, но фотоэффект не прекратится?

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.

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	Длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта

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

- 1) Если скорость тела с течением времени уменьшается, то вектор ускорения сонаправлен вектору скорости тела.
- 2) Теплопередача путём конвекции наблюдается в жидкостях и газах.
- 3) В электрически изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц, входящих в эту систему, остаётся неизменной.
- 4) При переходе электромагнитной волны из одной среды в другую изменяется длина волны, а частота и скорость её распространения остаются неизменными.
- 5) β -излучение представляет собой поток протонов.

Ответ: _____.

- 19 150 одинаковых болтов, упакованных в пакет, положили на весы. Весы показали 75 г. Чему равна масса одного болта по результатам этих измерений, если абсолютная погрешность данного измерения равна 3 г? Массу самого пакета не учитывать.

Ответ: (_____ \pm _____) г.

В БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

- 20 Ученик изучает силу Архимеда, действующую на тела, полностью погружённые в жидкость. В его распоряжении имеется пять установок, каждая из которых состоит из ёмкости с жидкостью и сплошного шарика. Какие две из перечисленных в таблице установок необходимы ученику для того, чтобы опытным путём исследовать зависимость силы Архимеда от объёма шарика?

№ установки	Жидкость, налитая в ёмкость	Объём шарика	Масса шарика
1	вода	30 см ³	234 г
2	вода	20 см ³	156 г
3	керосин	20 см ³	267 г
4	подсолнечное масло	30 см ³	234 г
5	керосин	30 см ³	267 г

Запишите в ответе номера выбранных установок.

Ответ:

--	--

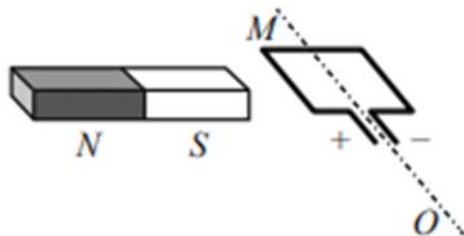
Не забудьте перенести все ответы в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

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.

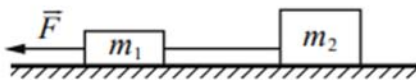
21

Небольшую рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Опишите, как будет двигаться рамка относительно неподвижной оси МО, если рамку отпустят. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха. ЭДС индукции, возникающей в рамке, и колебаниями рамки пренебречь.



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.

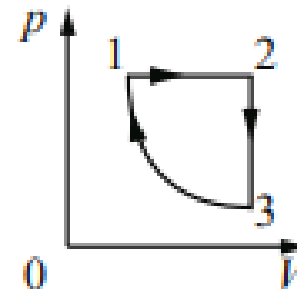
- 22 Два маленьких тела массами $m_1 = 50$ г и $m_2 = 200$ г связаны невесомой нерастяжимой нитью и находятся на гладкой горизонтальной плоскости. Тело массой m_1 тянут влево горизонтальной силой, модуль которой $F = 9$ Н (см. рисунок). Чему равен модуль силы натяжения нити?



- 23 В комнате с площадью пола 20 м^2 и высотой потолка $2,7$ м температура воздуха 16°C , а его относительная влажность 40% . Определите массу водяных паров, содержащихся в воздухе комнаты. Фрагмент таблицы зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры приведён ниже.

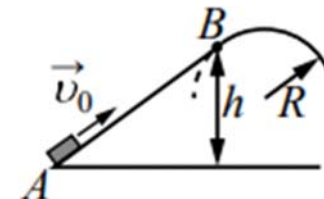
$t, ^\circ\text{C}$	10	12	14	16	18	20
$p_{\text{нас}}, \text{кПа}$	1,23	1,40	1,60	1,81	2,07	2,33

- 24 В качестве рабочего тела в тепловой машине используется идеальный одноатомный газ, который совершает циклический процесс, состоящий из изобарного нагревания ($1 \rightarrow 2$), изохорного охлаждения ($2 \rightarrow 3$) и адиабатного сжатия ($3 \rightarrow 1$) (см. рисунок). Работа газа A_{12} в изобарном процессе в 2 раза больше работы A'_{31} , совершённой над газом при адиабатном сжатии. Найдите КПД этой тепловой машины.



- 25 Плоский воздушный конденсатор электроёмкостью $C = 10$ нФ был подключён к источнику постоянного напряжения $U = 10$ В. После полной зарядки конденсатор отсоединили от источника напряжения. Определите изменение энергии ΔW этого конденсатора при уменьшении расстояния между его обкладками на 40% .

- 26 Небольшая шайба после удара скользит вверх по неподвижной наклонной плоскости из точки А (см. рисунок). В точке В, находящейся выше точки А на $h = 0,6$ м, наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом R . Если в точке А скорость шайбы превосходит $v_0 = 4$ м/с, то в точке В шайба отрывается от опоры. Длина L наклонной плоскости АВ равна 1 м. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой $\mu = 0,1$. Найдите внешний радиус трубы R . Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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