

**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/с².

-2,5 Бланк

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

КИМ

Ответ:

A	B
4	1

41 Бланк

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

КИМ Ответ: (1,4 + 0,2) Н.

1,40,2 Бланк

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

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

После завершения работы проверьте, 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}
дэци	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	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

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

Плотность	1000 кг/м^3	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	рутин	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	$900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	$380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
железа	$460 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	чугуна	$500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
свинца	$130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$		

Удельная теплота	
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг
Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0°C	

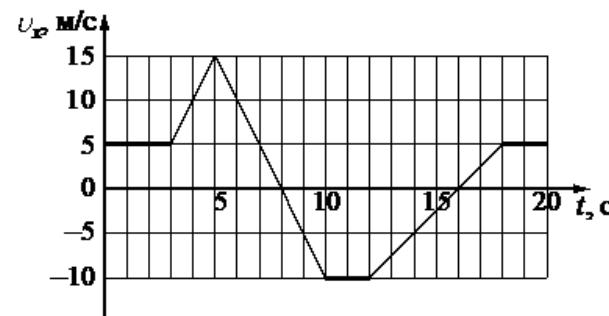
Молярная масса			
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot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

Часть 1

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

1

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела v_x от времени t .



Определите путь тела за первые 5 секунд движения.

Ответ: _____ м

2

Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии 40 см друг от друга. Каково расстояние между шариками вдвое большей массы, если модуль сил гравитационного взаимодействия между ними такой же, как и между первыми двумя шариками?

Ответ: _____ м

3

На тело, движущееся прямолинейно в инерциальной системе отсчёта, в течение 3 с в направлении движения действует постоянная сила 12 Н. Каково увеличение импульса тела за это время?

Ответ: _____ $\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$

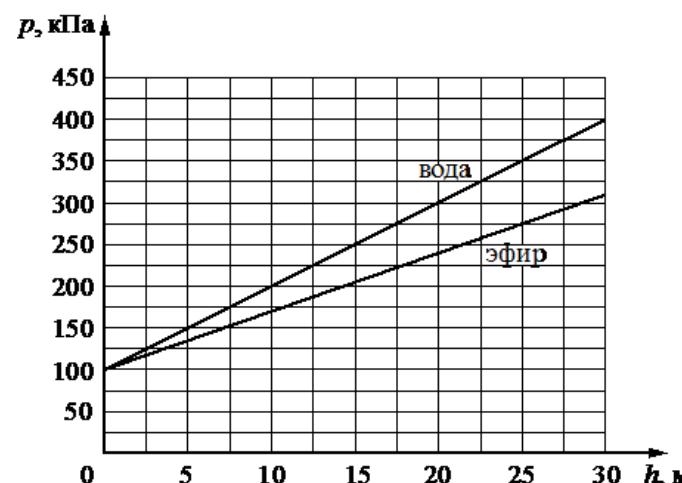
4

Во сколько раз уменьшится частота малых свободных колебаний математического маятника, если длину нити увеличить в 9 раз, а массу груза уменьшить в 4 раза?

Ответ: в _____ раз(а)

5

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



Выберите все верные утверждения, согласующиеся 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 воды 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: _____.

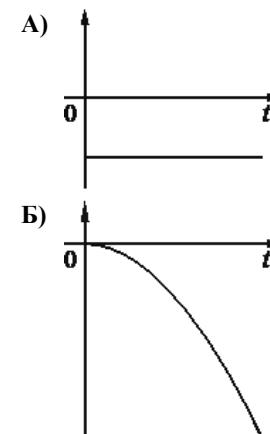
6

Тело движется вдоль оси Ox , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой $x(t) = 5 - 4t^2$ (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция перемещения тела S_x
- 2) проекция скорости тела v_x
- 3) модуль равнодействующей F сил, действующих на тело
- 4) проекция ускорения тела a_x

Ответ:

A	B

7

Концентрация молекул идеального одноатомного газа уменьшилась в 3 раза, а средняя кинетическая энергия теплового движения молекул увеличилась в 4,5 раза. Во сколько раз увеличилось давление газа на стенки сосуда

Ответ: в _____ раз(а).

8

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

Ответ: _____ кг

9

При изучении процессов, происходящих с гелием, ученик занёс в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях. Какие из утверждений, приведённых ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать идеальным.

№ состояния	1	2	3	4	5	6	7
$p, \text{ кПа}$	100	90	75	50	55	75	100
$t, ^\circ\text{C}$	27	27	27	27	57	177	327

- 1) Объём газа в состоянии 4 в 2 раза больше объёма газа в состоянии 1.
- 2) В состояниях 1–3 объём газа был одинаковым.
- 3) Внутренняя энергия газа в состоянии 6 в 3 раза больше, чем в состоянии 5.
- 4) При переходе от состояния 5 к состоянию 6 в ходе изохорного процесса газ отдавал тепло.
- 5) При переходе от состояния 2 к состоянию 3 в ходе изотермического процесса газ совершил положительную работу.

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:

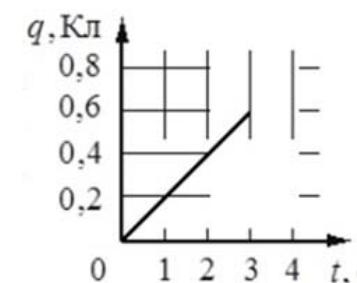
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл
---------------------	---------------------

11

По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника, возрастает с течением времени согласно графику (см. рисунок). Определите силу тока в проводнике.



Ответ: _____ Ом.

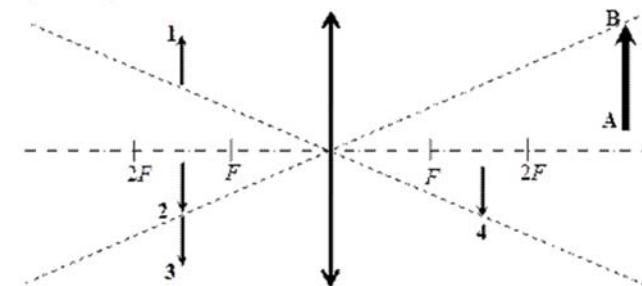
12

За $\Delta t=2 \text{ мс}$ магнитный поток, пронизывающий площадку, которая ограничена проводящим витком, равномерно возрастает от 2 до 8 мВб. Чему равен модуль ЭДС индукции в витке?

Ответ: _____ В.

13

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



Ответ: _____.

14

В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд одной из обкладок конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	2	1,41	0	-1,41	-2	-1,41	0	1,41	2	1,41

Выберите все верные утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) В момент $t = 2 \cdot 10^{-6}$ с модуль силы тока в контуре максимальен.
- 2) Амплитуда колебаний заряда обкладки равна $4 \cdot 10^{-9}$ Кл.
- 3) Период колебаний равен $16 \cdot 10^{-6}$ с.
- 4) В момент $t = 4 \cdot 10^{-6}$ с сила тока в контуре равна 0.
- 5) В момент $t = 6 \cdot 10^{-6}$ с энергия конденсатора максимальна.

Ответ: _____.

15

Положительно заряженный ион меди движется в однородном магнитном поле между полюсами магнита по окружности под действием силы Лоренца. Как изменяются модуль силы Лоренца, действующей на ион, и модуль его центростремительного ускорения, если скорость иона увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Модуль силы Лоренца	Модуль центростремительного ускорения иона
_____	_____

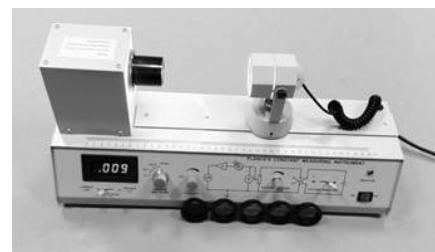
16

Период полураспада изотопа актиния $^{225}_{89}\text{As}$ равен 10 суткам. Какая масса этого изотопа осталась через 30 суток в образце, содержащем первоначально 28 $^{225}_{89}\text{As}$

Ответ: _____ мг

17

На установке, представленной на фотографиях (рисунок *а* – общий вид, рисунок *б* – фотоэлемент), исследовали зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещали различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только жёлтый свет, а во второй – пропускающий только синий свет.

Рис. *а*Рис. *б*

Как изменялись частота световой волны падающего света и работа выхода фотоэлектронов из металла при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличивалась
- 2) уменьшалась
- 3) не изменялась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Работа выхода
_____	_____

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

Чтобы узнать диаметр медной проволоки, ученик намотал её виток к витку на карандаш и измерил длину намотки из 20 витков. Длина оказалась равной (15 ± 1) мм. Запишите в ответ диаметр проволоки с учётом погрешности измерений.

Ответ: $(\underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}})$ мм.

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

20

Ученик изучает силу Архимеда, действующую на тела, полностью погруженные 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.

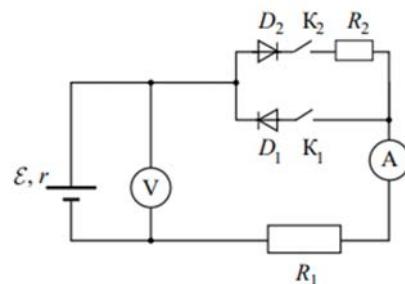
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

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

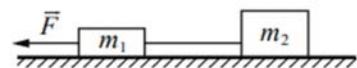
На рисунке изображена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, двух идеальных диодов (сопротивление диода при прямом включении равно нулю, при обратном включении ток через диод равен нулю), двух ключей, двух резисторов, идеальных амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ключ K_1 замкнут, а ключ K_2 разомкнут. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как изменятся показания приборов, если ключ K_1 разомкнуть, а ключ K_2 замкнуть.



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

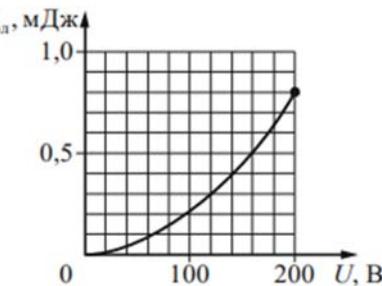
Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна 150°C , а температура холодильника равна 30°C . Какое количество теплоты получает двигатель от нагревателя за 1 мин., если двигатель развивает механическую мощность 2 кВт?

24

В бутылке объёмом 1 л находится гелий при нормальном атмосферном давлении. Горлышко бутылки площадью 2 см^2 заткнуто короткой пробкой, имеющей массу 20 г. Если бутылка лежит горизонтально, то для того, чтобы медленно вытащить пробку из её горлышка, нужно приложить к пробке горизонтально направленную силу, равную 1 Н. Бутылку поставили на стол вертикально горлышком вверх. Какое минимальное количество теплоты нужно сообщить гелию в бутылке, чтобы он вытолкнул пробку из горлышка? Модуль силы трения, действующей на пробку, считать в обоих случаях одинаковым

25

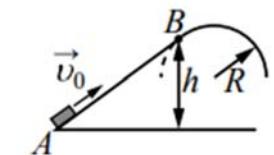
В колебательном контуре, активное сопротивление которого равно нулю, происходят свободные электромагнитные колебания с периодом $T = 50,24$ мкс. Максимальное напряжение на конденсаторе равно $\max U$. Зависимость энергии электрического поля конденсатора от напряжения между его обкладками в пределах от 0 до U_{\max} приведена на графике. Определите модуль силы тока в колебательном контуре в тот момент, когда энергия электрического поля конденсатора равна энергии магнитного поля катушки.



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.