

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:

А	Б
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 выполнении работы разрешается использовать линейку и 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 ⁹	санتي	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	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$
электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
модуль заряда электрона	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
(элементарный электрический заряд)	
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношения между различными единицами

температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66 · 10 ⁻²⁷ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Дж

Масса частиц

электрона	9,1 · 10 ⁻³¹ кг ≈ 5,5 · 10 ⁻⁴ а.е.м.
протона	1,673 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	1,675 · 10 ⁻²⁷ кг ≈ 1,008 а.е.м.

Плотность

воды	1000 кг/м ³	подсолнечного масла	900 кг/м ³
древеси́ны (сосна)	400 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
		ртути	13 600 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	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

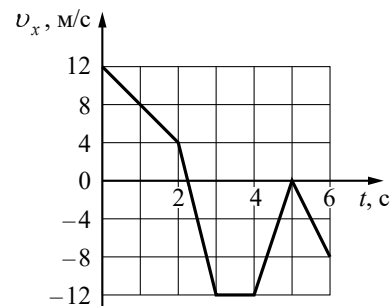
Удельная теплота			
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг		
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг		
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг		
Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0°C			
Молярная масса			
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ 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. 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

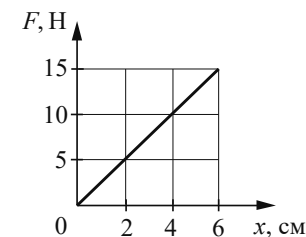
На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Какова проекция a_x ускорения этого тела в интервале времени от 2 до 3 с? Ответ запишите с учётом знака проекции.



Ответ: _____ м/с².

2

На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости F от удлинения пружины x . Какова жёсткость пружины?



Ответ: _____ Н/м.

- 3 Тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой в одном направлении. При этом равнодействующая всех сил, действующих на тело, постоянна и равна по модулю 12 Н. Каков модуль изменения импульса тела за 4 с?

Ответ: _____ кг·м/с.

- 4 Однородное тело объёмом 1 см³ изготовлено из алюминия. Это тело полностью погружено в воду, но не касается дна сосуда. Определите архимедову силу, действующую на тело.

Ответ: _____ Н.

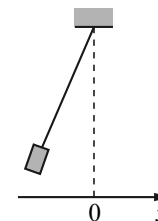
- 5 В лабораторной работе изучали движение небольшого бруска массой 400 г по горизонтальной шероховатой поверхности под действием горизонтальной постоянной силы, равной по модулю 1,6 Н. Данные о зависимости модуля скорости бруска от времени приведены в таблице. Выберите все верные утверждения на основании анализа представленной таблицы.

Время t , с	0	1	2	3	4	5	6
Скорость v , м/с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

- 1) Коэффициент трения бруска о поверхность $\mu = 0,35$.
- 2) В момент времени 2 с кинетическая энергия бруска равна 0,2 Дж.
- 3) Брусок движется равномерно.
- 4) Модуль ускорения бруска равен 0,5 м/с².
- 5) Сила трения скольжения, действующая на брусок, равна по модулю 1,8 Н.

Ответ: _____.

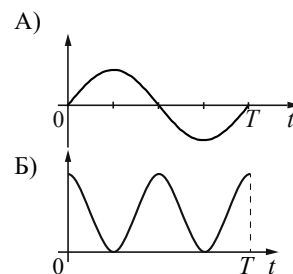
- 6 Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент $t = 0$ пустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих гармонические колебания груза после этого. T – период колебаний груза. Потенциальная энергия груза отсчитывается от его положения равновесия.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость 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 скорости v_x
- 2) потенциальная энергия $E_{\text{п}}$
- 3) кинетическая энергия $E_{\text{к}}$
- 4) координата x

Ответ:

А	Б

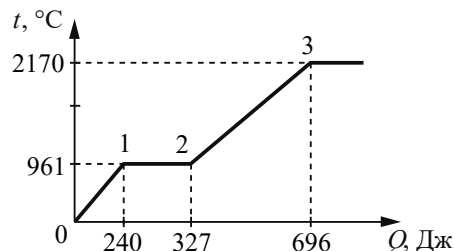
- 7 При температуре T_0 и давлении p_0 1,5 моль идеального газа занимает объём $3V_0$. Сколько моль этого газа будут занимать объём $6V_0$ при температуре $\frac{T_0}{2}$ и давлении $\frac{p_0}{2}$?

Ответ: _____ моль.

- 8 Двум моль газа сообщили количество теплоты, равное 1700 Дж, при этом внешние силы совершили над газом работу, равную 500 Дж. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Ответ: _____ Дж.

- 9 Твёрдый образец вещества нагревали в печи. По мере поглощения количества теплоты Q температура образца t росла в соответствии с графиком.

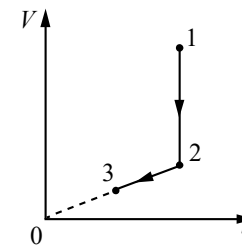


Выберите из предложенного перечня все верные утверждения, которые соответствуют результатам проведённого эксперимента.

- 1) Участок 2–3 соответствует процессу, в котором внутренняя энергия вещества уменьшалась.
- 2) Удельная теплоёмкость вещества в жидком агрегатном состоянии больше, чем в твёрдом.
- 3) Для того чтобы полностью расплавить образец вещества, уже находящийся при температуре плавления, потребовалось количество теплоты, равное 327 Дж.
- 4) Температура плавления вещества равна 961 °C.
- 5) Точка 2 соответствует состоянию, в котором вещество полностью расплавилось.

Ответ: _____.

- 10 Один моль идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах V – T , где V – объём газа, T – абсолютная температура газа. Как изменяются давление газа p в ходе процесса 1–2 и концентрация молекул газа n в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

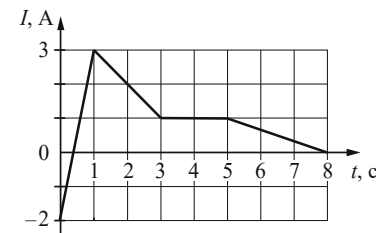
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление газа в ходе процесса 1–2	Концентрация молекул газа в ходе процесса 2–3

- 11 Расстояние между двумя неподвижными точечными электрическими зарядами увеличили в 3 раза, при этом величину одного из зарядов увеличили в 3 раза. Во сколько раз уменьшился модуль сил электростатического взаимодействия между зарядами?

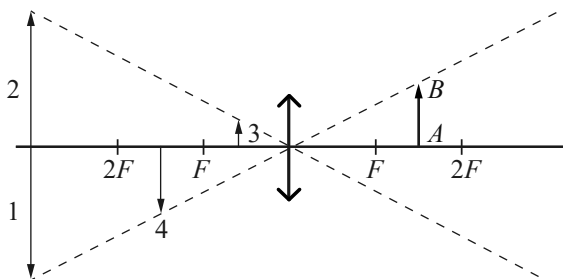
Ответ: в _____ раз(а).

- 12 На рисунке показан график зависимости силы тока I , протекающего в катушке с индуктивностью 4 мГн, от времени t . Определите модуль ЭДС самоиндукции в промежутке времени от 1 до 3 с.



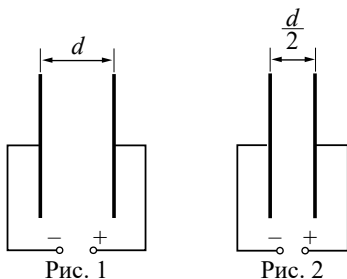
Ответ: _____ мВ.

- 13) Какая из стрелок 1–4 является изображением предмета AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?



Ответ: _____.

- 14) Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на расстоянии d друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (см. рис. 1). Не отключая пластины от источника, их сближают, уменьшая расстояние между ними в 2 раза (см. рис. 2).



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие свойства конденсатора после установления равновесия в системе.

- 1) Энергия электрического поля конденсатора увеличилась в 4 раза.
- 2) Модуль заряда обкладок конденсатора увеличился в 2 раза.
- 3) Напряжение между обкладками конденсатора уменьшилось в 4 раза.
- 4) Электроёмкость конденсатора увеличилась в 2 раза.
- 5) Напряжённость электростатического поля между обкладками конденсатора увеличилась в 2 раза.

Ответ: _____.

- 15) В однородном магнитном поле между полюсами постоянного магнита под действием силы Лоренца движется по окружности α -частица. Как изменятся модуль силы Лоренца и частота обращения частицы, если в поле этого магнита по окружности такого же радиуса будет двигаться протон? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

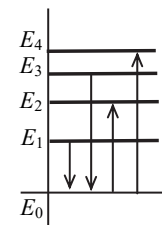
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы Лоренца	Частота обращения частицы

- 16) Период T полураспада изотопа магния $^{28}_{12}\text{Mg}$ равен 21 ч. Изначально образец содержал 0,8 мкмоль этого изотопа. Какое количество вещества этого изотопа останется через 42 ч?

Ответ: _____ мкмоль.

- 17) На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Установите соответствие между процессами поглощения света наибольшей длины волны и испускания света наименьшей частоты и энергией соответствующего фотона. К каждой позиции первого столбца подберите верную позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС	ЭНЕРГИЯ ФОТОНА
А) поглощение света наибольшей длины волны	1) $E_1 - E_0$
Б) испускание света наименьшей частоты	2) $E_2 - E_0$
	3) $E_3 - E_0$
	4) $E_4 - E_0$

Ответ:

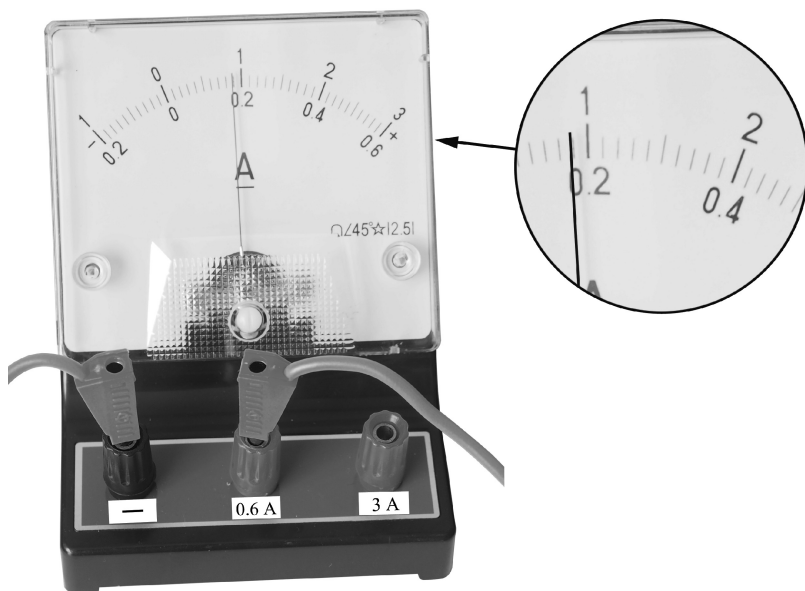
А	Б

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

- 1) Кинетическая энергия тела зависит от его массы и высоты положения тела над поверхностью Земли.
- 2) Удельная теплота парообразования показывает, какое количество теплоты необходимо для нагревания жидкости массой 1 кг до температуры кипения.
- 3) Модуль сил электростатического взаимодействия двух неподвижных точечных заряженных тел в вакууме обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.
- 4) Скорость распространения ультрафиолетового излучения в вакууме меньше скорости света в вакууме.
- 5) При электронном β -распаде массовое число ядра остаётся неизменным.

Ответ: _____.

19 Запишите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



Ответ: (_____ $\pm$ _____) А.

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 абсолютной температуры газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены равными массами различных газов при различных температурах (см. таблицу). Какие **два** сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести это исследование?

№ сосуда	Объём сосуда, л	Температура газа в сосуде, К	Газ в сосуде
1	5	290	гелий
2	3	290	гелий
3	3	290	азот
4	5	320	азот
5	5	320	гелий

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

Ответ:

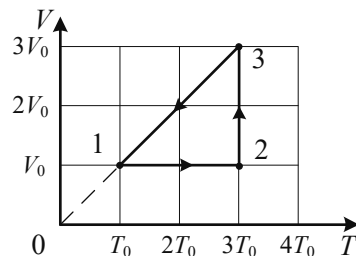


Не забудьте перенести все ответы в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

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 Один моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–1, график которого изображён на рисунке в координатах V – T , где V – объём газа, T – абсолютная температура газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните работу газа в процессе 2–3 и работу внешних сил в процессе 3–1. Постройте график цикла в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа.



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.

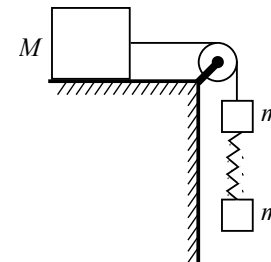
- 22 Сани с охотником стоят на очень гладком льду озера. Охотник стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда дроби равна 0,03 кг. Скорость дробинки при выстреле равна 360 м/с. Общая масса саней и охотника с ружьём – 120 кг. Какова по модулю скорость саней с охотником сразу после выстрела? Считать, что сразу после выстрела санки и охотник с ружьём движутся как единое целое.
- 23 Прямолинейный однородный проводник постоянного сечения подвешен горизонтально на двух непроводящих нитях в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10$ мТл. Вектор магнитной индукции горизонтален и перпендикулярен проводнику. Ток какой силы следует пропустить по проводнику, чтобы сила натяжения каждой из нитей уменьшилась вдвое?

Отношение массы проводника к его длине $\frac{m}{l} = 0,01$ кг/м.

- 24 Метеорологический зонд общей массой 20 кг удерживают на поверхности Земли силой, равной по модулю 1 кН и направленной вниз. Затем зонд отпускают, он поднимается вверх и остаётся на такой высоте, где его объём увеличивается в 2 раза. Температура, измеренная зондом на этой высоте, равна -43°C . Определите давление на этой высоте, если на поверхности Земли давление равно 10^5 Па, а температура равна $+17^\circ\text{C}$.

- 25 На полutorном фокусном расстоянии от тонкой рассеивающей линзы с оптической силой, равной -10 дптр, на её главной оптической оси расположен точечный источник света. Линза вставлена в непрозрачную оправу с радиусом открытой части 5 см. Каков диаметр светлого пятна от источника на экране, расположенном с другой стороны от линзы на расстоянии 10 см от неё? Сделайте рисунок с указанием хода лучей.

- 26 Брусок массой $M = 600$ г соединён невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с грузом массой $m = 200$ г. К этому грузу на лёгкой пружине подвешен второй такой же груз. Длина нерастянутой пружины $l = 12$ см, коэффициент трения бруска о поверхность стола $\mu = 0,2$. Определите жёсткость k пружины, если при движении грузов длина пружины L постоянна и равна 14 см. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на брусок и грузы. Трением в оси блока и трением о воздух пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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