

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

4	1																		
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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	,	4	0	,	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, 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	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	π = 3,14
ускорение свободного падения на Земле	g = 10 м/с ²
гравитационная постоянная	G = 6,7·10 ⁻¹¹ Н·м ² /кг ²
универсальная газовая постоянная	R = 8,31 Дж/(моль·К)
постоянная Больцмана	k = 1,38·10 ⁻²³ Дж/К
постоянная Авогадро	N _А = 6·10 ²³ моль ⁻¹
скорость света в вакууме	c = 3·10 ⁸ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	k = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ = 9·10 ⁹ Н·м ² /Кл ²
модуль заряда электрона	e = 1,6·10 ⁻¹⁹ Кл
(элементарный электрический заряд)	
постоянная Планка	h = 6,6·10 ⁻³⁴ Дж·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		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	13 600 кг/м ³

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

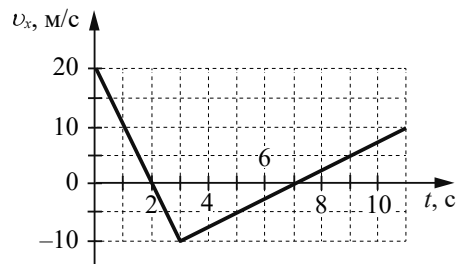
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	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 приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .



Определите проекцию a_x ускорения тела в интервале времени от 0 до 2 с. Ответ запишите с учётом знака проекции.

Ответ: _____ м/с².

2

При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 50 кг действует сила трения скольжения, равная 100 Н. Какой станет сила трения скольжения после увеличения массы тела в 1,5 раза, если коэффициент трения не изменится?

Ответ: _____ Н.

3

При упругой деформации, равной 3 см, потенциальная энергия пружины равна 6 Дж. На сколько изменится потенциальная энергия этой пружины при увеличении упругой деформации ещё на 3 см?

Ответ: на _____ Дж.

- 4 Скорость звука в стальном стержне составляет 5000 м/с. Длина звуковой волны в стержне 1,25 м. Какова частота колебаний источника звука?

Ответ: _____ Гц.

- 5 Мотоцикл проезжает верхнюю точку выпуклого моста, радиус кривизны которого равен 80 м, двигаясь с постоянной скоростью 72 км/ч. Общая масса мотоцикла и мотоциклиста составляет 500 кг. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие движение мотоцикла.

- 1) Модуль центростремительного ускорения мотоцикла с мотоциклистом равен 5 м/с².
- 2) Сила тяжести, действующая на мотоцикл с мотоциклистом, равна 50 кН.
- 3) Равнодействующая сил, действующих на мотоцикл с мотоциклистом, направлена вертикально вверх и перпендикулярна скорости мотоцикла.
- 4) Сила, с которой мотоцикл с мотоциклистом действует на мост, направлена вертикально вниз и равна 2500 Н.
- 5) Сила, с которой мост действует на мотоцикл с мотоциклистом, равна 5000 Н и направлена вертикально вверх.

Ответ: _____.

- 6 Груз, подвешенный к пружине жёсткостью k , совершает свободные вертикальные колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдёт с частотой колебаний и максимальной скоростью груза, если при неизменной амплитуде колебаний использовать пружину меньшей жёсткости?

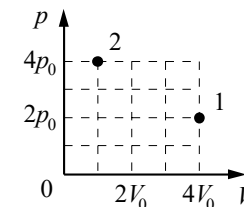
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Частота колебаний груза	Максимальная скорость груза

- 7 В сосуде под поршнем находится некоторое постоянное количество идеального газа. Во сколько раз уменьшится температура газа, если он перейдёт из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



Ответ: в _____ раз(а).

- 8 В процессе эксперимента газ совершил работу, равную 35 кДж. При этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 40 кДж. Количество вещества газа не изменялось. Какое количество теплоты газ отдал окружающей среде?

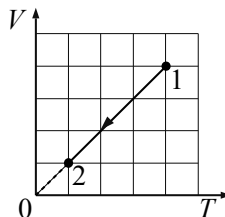
Ответ: _____ кДж.

- 9 В вертикальном цилиндре под поршнем находится 1 моль гелия. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. Атмосферное давление считать постоянным. Масса гелия в сосуде не изменяется. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие изменение состояния гелия.

- 1) При медленном понижении температуры давление гелия не изменяется.
- 2) Если на поршень насыпать некоторое количество песка, не меняя температуры гелия, то после установления равновесия в системе давление гелия будет меньше первоначального давления.
- 3) При медленном повышении температуры сила давления гелия на поршень не изменяется.
- 4) При медленном понижении температуры объём, занимаемый гелием, не изменяется.
- 5) При медленном изотермическом сжатии гелия в цилиндре он отдаёт окружающим телам некоторое положительное количество теплоты.

Ответ: _____.

- 10 Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как изменяются при этом давление газа и его внутренняя энергия? 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	Внутренняя энергия газа

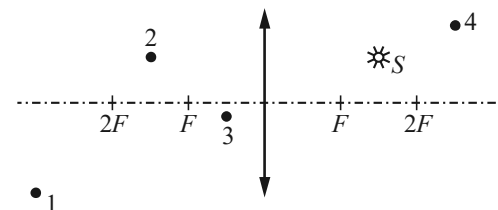
- 11 При прохождении по проводнику постоянный электрический ток силой 3 А в течение 60 с совершает работу, равную 270 кДж. Чему равно сопротивление проводника?

Ответ: _____ Ом.

- 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: _____ с.

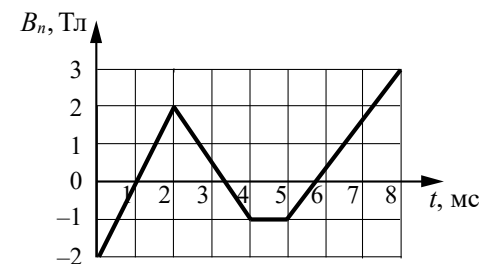
- 13 Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точечного источника света S в собирающей тонкой линзе с фокусным расстоянием F (см. рисунок)?



Ответ: точка _____.

- 14 Проволочная рамка площадью 50 см² помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции $\vec{B}$. Проекция B_n индукции магнитного поля на нормаль к плоскости рамки изменяется во времени t согласно графику на рисунке.

Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения о процессах, происходящих в рамке.



- 1) Направления индукционного тока в рамке в промежутках времени от 0 до 2 мс и от 5 до 8 мс совпадают.
- 2) Модуль изменения магнитного потока в рамке минимален в промежутке времени от 2 до 4 мс.
- 3) Модуль ЭДС индукции, возникающей в рамке в промежутке времени от 5 до 8 мс, равен 4 В.
- 4) ЭДС индукции в рамке отлична от 0 только в промежутках времени от 0 до 2 мс и от 5 до 8 мс.
- 5) Модуль силы индукционного тока в рамке максимален в промежутке времени от 0 до 2 мс.

Ответ: _____.

- 15) Отрицательно заряженный ион движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся модуль ускорения иона и период его обращения в этом поле, если увеличить кинетическую энергию иона?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

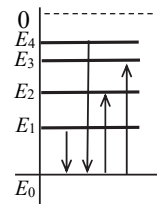
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения иона	Период обращения иона

- 16) Период T полураспада изотопа золота $^{200}_{79}\text{Au}$ равен 48 мин. Во сколько раз уменьшится за 96 мин. количество атомов этого изотопа в образце, содержащем первоначально 1 мкмоль изотопа?

Ответ: в _____ раз(а).

- 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 излучения света с наименьшей энергией и энергией соответствующего фотона. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую 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) излучение света с наименьшей энергией | 2) $E_2 - E_0$ |
| | 3) $E_3 - E_0$ |
| | 4) $E_4 - E_0$ |

Ответ:

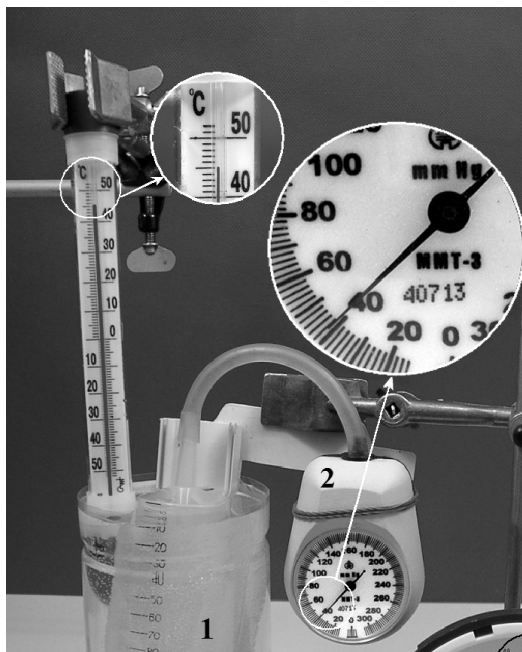
А	Б

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

- 1) При равноускоренном движении ускорение тела за любые равные промежутки времени изменяется одинаково.
- 2) При изотермическом расширении постоянной массы одноатомного идеального газа его внутренняя энергия остаётся неизменной.
- 3) В однородном электростатическом поле работа по перемещению заряда между двумя точками поля зависит от формы траектории.
- 4) Силой Лоренца называют силу, с которой однородное электрическое поле действует на постоянные магниты.
- 5) При электронном β -распаде заряд ядра увеличивается на величину одного элементарного заряда.

Ответ: _____.

- 19 При исследовании зависимости давления газа от температуры ученик измерял давление в сосуде с газом при помощи манометра. Шкала манометра проградуирована в миллиметрах ртутного столба. Абсолютная погрешность измерения давления равна половине цены деления шкалы манометра. Каково показание манометра с учётом погрешности измерения?

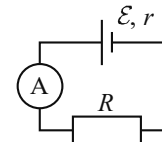


Ответ: _____ ± _____ мм рт. ст.

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

20

Ученик изучает законы постоянного тока. В его распоряжении имеется пять аналогичных электрических цепей (см. рисунок) с различными источниками и внешними сопротивлениями, характеристики которых указаны в таблице. Какие **две** цепи необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость силы тока, протекающего в цепи, от внутреннего сопротивления источника?



№ цепи	ЭДС источника $\mathcal{E}$, В	Внутреннее сопротивление источника r , Ом	Внешнее сопротивление R , Ом
1	6	1,0	5
2	9	0,5	8
3	8	1,5	16
4	9	1,5	8
5	6	0,5	16

Запишите в ответе номера выбранных цепей.

Ответ:

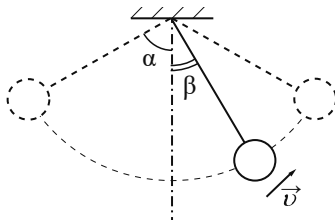


Не забудьте перенести все ответы в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

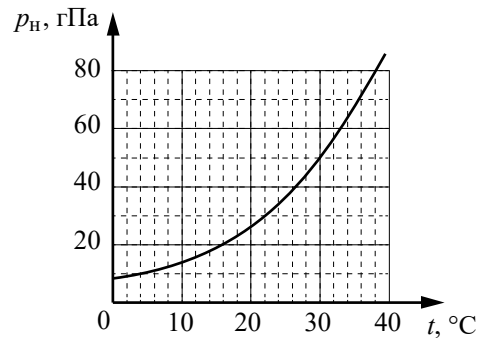
Для записи ответов на задания 21–26 используйте **БЛАНК ОТВЕТОВ № 2**. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 21 Маленький шарик, подвешенный к потолку на лёгкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол $\alpha = 60^\circ$. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется вправо-вверх, а нить образует угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью (см. рисунок). Покажите на рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



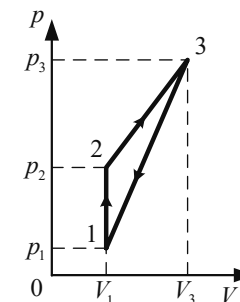
Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 22 В сосуде ёмкостью $V = 2$ л, воздух из которого был откачан до высокого вакуума, разбили заполненную водой ампулу ёмкостью $V_1 = 4$ см³. Какая часть воды, содержащейся в ампуле, испарилась? В сосуде поддерживалась температура 16°C . Зависимость давления насыщенного пара от температуры представлена на графике. Объёмом воды в сосуде можно пренебречь.



- 23 Мнимое изображение предмета в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием $F = 12$ см получено с увеличением $\Gamma = 3$. На каком расстоянии от линзы находится предмет, если он расположен перпендикулярно главной оптической оси линзы? Постройте изображение предмета в линзе.

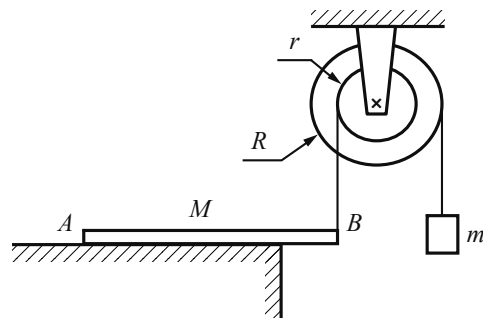
- 24 На рисунке в координатах $p - V$ представлен циклический процесс, проводимый с идеальным одноатомным газом. Давление идеального одноатомного газа изохорно увеличивают в 4 раза, затем объём газа увеличивают в 2,5 раза так, что давление линейно зависит от объёма и возрастает в 2 раза. После этого газ возвращают в исходное состояние в процессе, в котором давление линейно зависит от объёма. Масса газа постоянна. Определите коэффициент полезного действия теплового двигателя, работающего по этому циклу.



- 25 Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0,1$ м², ограниченная замкнутым проводящим контуром с сопротивлением $R = 5$ Ом, находится в однородном магнитном поле. Какой заряд протечёт по контуру за большой промежуток времени, пока проекция магнитной индукции на вертикальную ось Oz медленно и равномерно меняется с $B_{1z} = 0,2$ Тл до $B_{2z} = -0,2$ Тл?

26

Однородный брусок AB массой M постоянного прямоугольного сечения лежит на гладкой горизонтальной поверхности стола, свешиваясь с него менее чем наполовину (см. рисунок). К правому концу бруска прикреплена невесомая нерастяжимая нить. Другой конец нити закреплён на меньшем из двух дисков невесомого составного блока. На большем диске этого блока закреплена другая невесомая нерастяжимая нить, на которой висит груз массой m . Диски скреплены друг с другом и образуют единое целое. $R = 10$ см, $r = 7$ см.



Найдите максимальное значение дроби $\frac{m}{M}$, при котором система тел остаётся неподвижной. Трением в оси блока пренебречь. Сделайте рисунок, на котором укажите все силы, действующие на брусок, груз и блок.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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