

**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. 3 - 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

7 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.

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 22 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	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 = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ Н · м ² /Кл ²
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	e = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Кл
постоянная Планка	h = 6,6 · 10 ⁻³⁴ Дж · с

Соотношение 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
древесины (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

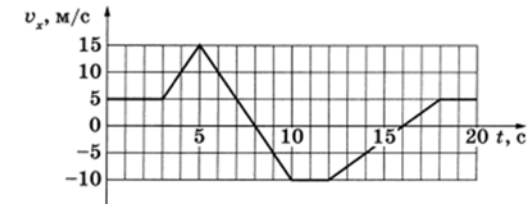
Удельная теплоёмкость			
воды	4,2 · 10 ³ Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	2,1 · 10 ³ Дж/(кг · К)	меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)	чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)		

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 приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 5 до 10 с.

Ответ: _____ м.

2 Сила притяжения Земли к Солнцу в 22,5 раза больше, чем сила притяжения Марса к Солнцу. Во сколько раз расстояние между Марсом и Солнцем больше расстояния между Землёй и Солнцем, если масса Земли в 10 раз больше массы Марса?

Ответ: _____.

3 Тело движется прямолинейно. Под действием постоянной силы 5 Н импульс тела уменьшился от 25 кг·м/с до 15 кг·м/с. Сколько секунд потребовалось на это?

Ответ: _____ с.

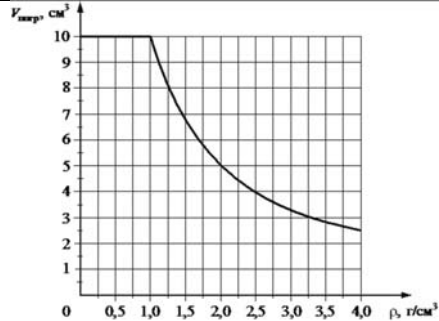
4 Груз, подвешенный на пружине жёсткостью 400 Н/м совершает свободные гармонические колебания. Какой должна быть жёсткость пружины, чтобы частота колебаний этого груза увеличилась в 2 раза?

Ответ: _____ Н/м

5

Изучая на практике закон Архимеда, учащиеся опускали цилиндр объёмом $V = 10 \text{ см}^3$ в различные жидкости (см. таблицу) и измеряли объём цилиндра, погружённый в жидкость. По результатам измерений была построена обобщённая зависимость объёма погружённой части цилиндра $V_{\text{погр}}$ от плотности жидкости ρ (см. рисунок).

Жидкость	Бензин	Спирт	Вода	Глицерин	Хлороформ	Бромформ	Дийодметан
$\rho, \text{ г/см}^3$	0,71	0,79	1,0	1,26	1,49	2,89	3,25



Выберите все верные утверждения, согласующиеся с данными, представленными на рисунке и в таблице.

- 1) Цилиндр плавает в бромформе.
- 2) Цилиндр тонет в глицерине.
- 3) При возрастании плотности жидкостей до 1 г/см^3 сила Архимеда, действующая на цилиндр, опущенный в жидкость, возрастает.
- 4) При возрастании плотности жидкости от $1,5$ до $3,25 \text{ г/см}^3$ сила Архимеда убывает.
- 5) На цилиндр, плавающий в глицерине, действует выталкивающая сила, составляющая около 80 мН .

Ответ: _____.

6

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением брусок массой m (см. рис.). Как изменится ускорение бруска и сила трения, действующая на брусок, если с той же наклонной плоскости будет скользить брусок из того же материала массой $3m$?

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.

Ускорение бруска	Сила трения, действующая на брусок

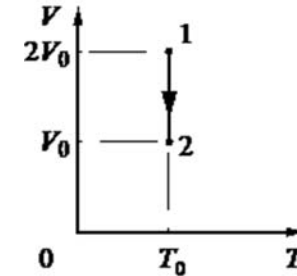
7

При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул гелия увеличилась в 2 раза. Конечная температура газа равна 400 К . Какова начальная температура газа?

Ответ: _____ К.

8

На V - T -диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы идеального одноатомного газа, где V – объём газа, T – его абсолютная температура. Работа, совершённая над газом в этом процессе, равна 50 кДж . Какое количество теплоты отдал газ в окружающую среду?



Ответ: _____ кДж.

9

Горячее вещество, первоначально находившееся в жидком состоянии, медленно охлаждали. Мощность теплоотвода постоянна. В таблице приведены результаты измерений температуры вещества с течением времени.

Время, мин.	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °C	250	242	234	232	232	232	230	216

Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведённых измерений, и укажите их номера.

- 1) Температура плавления вещества в данных условиях равна $232 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 2) Через 20 мин. после начала измерений вещество находилось только в твёрдом состоянии.
- 3) Удельная теплоёмкость вещества в жидком и твёрдом состояниях одинакова.
- 4) Через 30 мин. после начала измерений вещество находилось только в твёрдом состоянии.
- 5) Процесс кристаллизации вещества занял более 25 мин.

Ответ: _____.

10 Идеальная тепловая машина работает с использованием цикла Карно. Температуру холодильника машины понижают, при этом температура нагревателя и количество теплоты, которое рабочее тело получает от нагревателя за один цикл, остаются неизменными. Как изменяются в результате этого КПД тепловой машины и совершаемая машиной за один цикл работа?

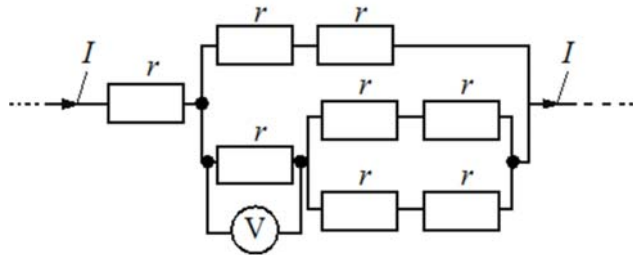
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

КПД тепловой машины	Работа, совершаемая машиной за один цикл

11 Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением $r=1$ Ом соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток $I=4$ А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?

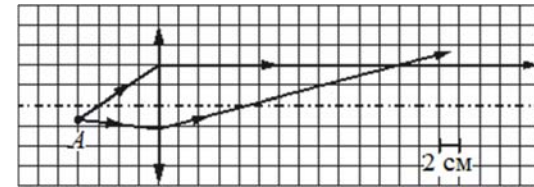


Ответ: _____ В

12 Прямолинейный проводник длиной L с током I помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Во сколько раз уменьшится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 2 раза, а индукцию магнитного поля уменьшить в 4 раза? (Сила тока и расположение проводника в магнитном поле остаются неизменными.)

Ответ: в _____ раз(а)

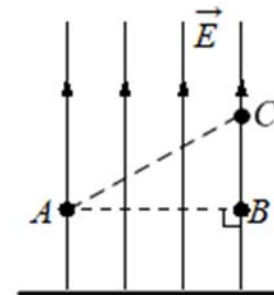
13 На рисунке показан ход двух лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.



Каково фокусное расстояние линзы, если одна клетка на рисунке соответствует 2 см?

Ответ: _____ см.

14 Однородное электростатическое поле создано равномерно заряженной протяжённой горизонтальной пластиной. Линии напряжённости поля направлены вертикально вверх (см. рис.).

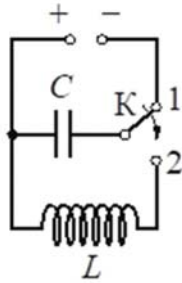


Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения и укажите их номера.

- 1) Если в точку A поместить пробный точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вниз.
- 2) Пластина имеет отрицательный заряд.
- 3) Потенциал электростатического поля в точке B ниже, чем в точке C .
- 4) Напряжённость поля в точке A меньше, чем в точке C .
- 5) Работа электростатического поля по перемещению пробного точечного отрицательного заряда из точки A в точку B равна нулю.

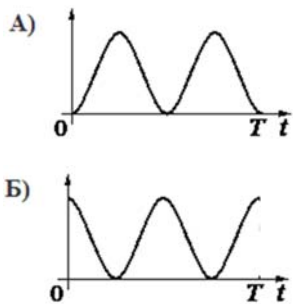
Ответ: _____.

15 Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t=0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отражают изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после этого (T – период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут отражать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) заряд левой обкладки конденсатора
- 2) энергия электрического поля конденсатора
- 3) сила тока в катушке
- 4) энергия магнитного поля катушки

Ответ:

А	Б

16 В вакууме длина волны света от первого источника в 2 раза меньше, чем длина волны света от второго источника. Определите отношение импульсов фотонов $\frac{p_1}{p_2}$, испускаемых этими источниками.

Ответ: _____.

17 Установите соответствие между видами радиоактивного распада и уравнениями, описывающими этот процесс. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИДЫ РАСПАДА

- А) альфа-распад
- Б) бета-распад

УРАВНЕНИЯ

- 1) ${}_{92}^{238}\text{U} + {}_{10}^{22}\text{Ne} \rightarrow {}_{102}^{256}\text{No} + 4{}_0^1n$
- 2) ${}_{93}^{238}\text{Np} \rightarrow {}_{94}^{238}\text{Pu} + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}_e$
- 3) ${}_{89}^{227}\text{Ac} \rightarrow {}_{87}^{223}\text{Fr} + {}_2^4\text{He}$
- 4) ${}_{83}^{209}\text{Bi} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_{43}^{105}\text{Tc} + {}_{41}^{102}\text{Nb} + 4{}_0^1n$

Ответ:

А	Б

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

- 1) Сила трения скольжения всегда противоположна направлению движения тела относительно опоры.
- 2) Внутренняя энергия постоянной массы идеального газа прямо пропорциональна его абсолютной температуре.
- 3) Напряжённость поля неподвижного точечного заряда в данной точке обратно пропорциональна расстоянию от этой точки до заряда.
- 4) При интерференции когерентных волн от точечного источника максимум наблюдается в том случае, если разность хода двух волн, возбуждающих колебания в этой точке, равна целому числу длин волн.
- 5) При α -распаде заряд ядра увеличивается на два элементарных заряда.

Ответ: _____.

19 При взвешивании 50 конфеток весы показали 300 г. Погрешность весов составляет 0,5 г. Какова масса одной конфетки по результатам взвешивания с учётом погрешности?

Ответ: (_____ \pm _____) г

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

20

Необходимо собрать экспериментальную установку и определить с её помощью мощность электрического тока, потребляемую резистором. Для этого школьник взял соединительные провода, реостат, ключ, аккумулятор и резистор. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) конденсатор
- 2) лампочка
- 3) вольтметр
- 4) катушка индуктивности
- 5) амперметр

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

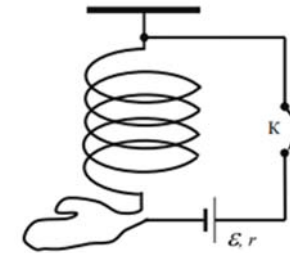
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

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

Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины подключается к источнику тока через ключ К, а нижний – с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа К? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Тепловым расширением 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

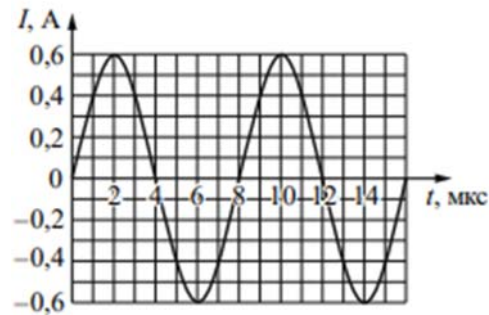
Отпущенный с высоты 1 м над поверхностью снежного поля шар массой 1 кг падает в плотный снег, где равномерно замедляется до полной остановки на глубине 10 см. Средняя сила сопротивления движению в снеге равна 100 Н. Определите среднюю силу сопротивления движению шара в воздухе.

23

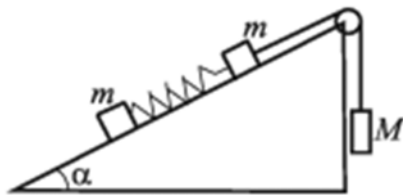
На дифракционную решётку падает по нормали параллельный пучок белого света. Между решёткой и экраном вплотную к решётке расположена линза, которая фокусирует свет, проходящий через решётку, на экране. Чему равно число штрихов решётки на 1 см, если расстояние до экрана 2 м, а ширина спектра третьего порядка 12 см? Длины красной и фиолетовой волн соответственно равны $8 \cdot 10^{-7}$ м и $4 \cdot 10^{-7}$ м. Считать угол φ , под которым наблюдаются максимумы, малым, так что $\sin \varphi \approx \text{tg} \varphi$.

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. Когда бутылку поставили на стол вертикально горлышком вверх, оказалось, что если сообщить гелию в бутылке количество теплоты 9 Дж, то он выталкивает пробку из горлышка. Какую минимальную постоянную силу нужно приложить к пробке для того, чтобы вытащить её из горлышка бутылки, не нагревая, если бутылка лежит горизонтально?

25 Сила тока в идеальном колебательном контуре меняется со временем так, как показано на рисунке. Определите заряд конденсатора в момент времени $t = 11 \text{ мкс}$.



26 По неподвижной гладкой наклонной плоскости с углом $\alpha = 30^\circ$ движутся два одинаковых бруска массой $m = 0,25 \text{ кг}$ каждый, скреплённые между собой лёгкой пружиной. Верхний брусок соединён невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через блок, с грузом массой $M = 2 \text{ кг}$ (см. рисунок). Чему равна жёсткость k пружины, если в нерастянутом состоянии длина пружины $l = 18 \text{ см}$, а при движении брусков её длина L постоянна и равна 21 см ? Массой блока, трением в нём и сопротивлением воздуха пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. **Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.**



Проверьте, что каждый ответ был записан рядом с правильным номером задания.