

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 235 минут. Работа состоит из 3 частей, включающих в себя 35 заданий.

Часть 1 содержит 21 задание (А1–А21). К каждому заданию даётся четыре варианта ответа, из которых только один правильный.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), на которые надо дать краткий ответ в виде последовательности цифр.

Часть 3 содержит 10 задач: А22–А25 с выбором одного верного ответа и С1–С6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

При выполнении заданий Вы можете пользоваться черновиком. Обращаем Ваше внимание на то, что записи в черновике не будут учитываться при оценивании работы.

Советуем выполнять задания в том порядке, в котором они даны. Для экономии времени пропускайте задание, которое не удаётся выполнить сразу, и переходите к следующему. Если после выполнения всей работы у Вас останется время, Вы сможете вернуться к пропущенным заданиям.

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

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

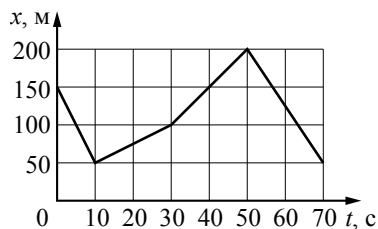
Константы		$\pi = 3,14$	
число π		$g = 10 \text{ м/с}^2$	
ускорение свободного падения на Земле		$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$	
гравитационная постоянная		$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$	
универсальная газовая постоянная		$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$	
постоянная Больцмана		$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	
постоянная Авогадро		$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$	
скорость света в вакууме		$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$	
коэффициент пропорциональности в законе Кулона		$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)		$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$	
постоянная Планка			
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 · 10 ⁶ Дж/кг		
плавления свинца	2,5 · 10 ⁴ Дж/кг		
плавления льда	3,3 · 10 ⁵ Дж/кг		
Нормальные условия: давление 10 ⁵ Па, температура 0 °С			
Молярная масса			
азота	28 · 10 ⁻³ кг/моль	гелия	4 · 10 ⁻³ кг/моль
аргона	40 · 10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32 · 10 ⁻³ кг/моль
водорода	2 · 10 ⁻³ кг/моль	лития	6 · 10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29 · 10 ⁻³ кг/моль	неона	20 · 10 ⁻³ кг/моль
воды	18 · 10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44 · 10 ⁻³ кг/моль

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (A1–A21) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

A1 На рисунке представлен график зависимости координаты x велосипедиста от времени t . На каком интервале времени проекция скорости велосипедиста на ось Ox $v_x = -10$ м/с?

- 1) от 0 до 10 с
- 2) от 50 до 70 с
- 3) от 10 до 30 с
- 4) от 30 до 50 с



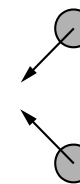
A2 Верхнюю точку моста радиусом 100 м автомобиль проходит со скоростью 20 м/с. Центробежное ускорение автомобиля равно

- 1) 1 м/с²
- 2) 2 м/с²
- 3) 3 м/с²
- 4) 4 м/с²

A3 Тело массой m висит на пружине жёсткости k . Если на пружину вдвое большей жёсткости подвесить тело с вдвое большей массой, то деформация второй пружины будет

- 1) в 4 раза больше, чем у первой пружины
- 2) в 4 раза меньше, чем у первой пружины
- 3) такой же, как у первой пружины
- 4) в 2 раза меньше, чем у первой пружины

A4 Одинаковые шары движутся с одинаковыми по модулю скоростями в направлениях, указанных стрелками на рисунке, и абсолютно неупруго соударяются. Как будет направлен импульс шаров после их столкновения?



- 1) ↙
- 2) ←
- 3) ↓
- 4) ↘

A5 Два груза одинаковой массы подняли в верхнюю точку гладкой наклонной плоскости: один груз – втаскивая вверх вдоль наклонной плоскости, а другой – поднимая вертикально. При этом модуль работы против силы тяжести, действующей на грузы,

- 1) зависит от угла наклона плоскости
- 2) больше при подъёме груза вдоль наклонной плоскости
- 3) одинаковый для обоих грузов
- 4) больше при подъёме груза вертикально вверх

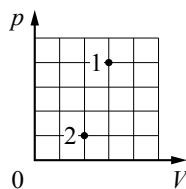
A6 Как надо изменить массу груза пружинного маятника, чтобы увеличить период его колебаний в 2 раза?

- 1) уменьшить в 2 раза
- 2) увеличить в 2 раза
- 3) увеличить в 4 раза
- 4) уменьшить в 4 раза

A7 Если толчёный мел размешать в воде, то частицы мела будут долго «висеть» в толще воды, не оседая на дно. Это явление объясняется тем, что

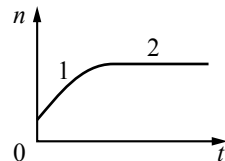
- 1) вода выталкивает их вверх согласно закону Архимеда
- 2) частицы мела совершают броуновское движение в воде
- 3) Земля не притягивает столь мелкие частицы
- 4) температура частиц мела выше температуры воды

A8 В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Как изменится температура газа, если он перейдёт из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



- 1) $T_2 = 6T_1$
- 2) $T_2 = T_1$
- 3) $T_2 = \frac{1}{3}T_1$
- 4) $T_2 = \frac{1}{6}T_1$

A9 В стеклянную колбу налили немного воды и закрыли её пробкой. Вода постепенно испарялась. На рисунке показан график изменения со временем концентрации n молекул водяного пара внутри колбы. Температура в колбе в течение всего времени проведения опыта оставалась постоянной. В конце опыта в колбе ещё оставалась вода. Какое утверждение можно считать правильным?



- 1) на участке 1 пар ненасыщенный, а на участке 2 насыщенный
- 2) на участке 1 пар насыщенный, а на участке 2 ненасыщенный
- 3) на обоих участках пар насыщенный
- 4) на обоих участках пар ненасыщенный

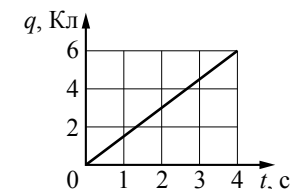
A10 Воспользовавшись таблицами, приведёнными на стр. 2, определите, каково должно быть примерное отношение масс $\frac{m_{\text{Fe}}}{m_{\text{Al}}}$ железного и алюминиевого тел, чтобы при получении одного и того же количества теплоты они нагрелись на одно и то же число градусов.

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 0,5
- 4) 1,5

A11 В однородном электрическом поле, вектор напряжённости которого направлен горизонтально, на шёлковых нитях одинаковой длины подвешены два шарика, заряды которых одинаковы. Масса первого шарика больше массы второго. Какое из утверждений правильно?

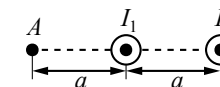
- 1) Угол отклонения нити первого шарика меньше угла отклонения второго.
- 2) Шарик не отклоняется от вертикали.
- 3) Углы отклонения нитей шариков одинаковы.
- 4) Угол отклонения нити первого шарика больше угла отклонения второго.

A12 По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через проводник, возрастает с течением времени согласно графику. Сила тока в проводнике равна



- 1) 12 А
- 2) 24 А
- 3) 6 А
- 4) 1,5 А

A13 Два параллельных длинных проводника с токами I_1 и I_2 расположены перпендикулярно плоскости чертежа (см. рисунок). Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 индукции магнитных полей, создаваемых этими проводниками в точке А, направлены в плоскости чертежа следующим образом:

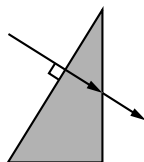


- 1) \vec{B}_1 – вниз; \vec{B}_2 – вверх
- 2) \vec{B}_1 – вниз; \vec{B}_2 – вниз
- 3) \vec{B}_1 – вверх; \vec{B}_2 – вниз
- 4) \vec{B}_1 – вверх; \vec{B}_2 – вверх

A14 Линии индукции однородного магнитного поля пронизывают рамку площадью $0,5 \text{ м}^2$ под углом 30° к её поверхности, создавая магнитный поток, равный $0,2 \text{ Вб}$. Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?

- 1) 0,16 Тл
- 2) 0,8 Тл
- 3) 0,2 Тл
- 4) 0,4 Тл

A15 Ученик выполнил задание «Нарисовать ход луча, падающего из воздуха перпендикулярно поверхности стеклянной призмы треугольного сечения» (см. рисунок). При построении он



- 1) правильно изобразил ход луча на обеих границах сред
- 2) ошибся при изображении хода луча только при переходе из воздуха в стекло
- 3) ошибся при изображении хода луча только при переходе из стекла в воздух
- 4) ошибся при изображении хода луча на обеих границах сред

A16 При освещении одной и той же дифракционной решётки монохроматическим светом на экране, установленном за ней, возникает дифракционная картина, состоящая из светлых линий на тёмном фоне.

В первом опыте расстояние между светлыми линиями оказалось больше, чем во втором, а во втором больше, чем в третьем.

В каком случае правильно указана возможная последовательность цветов монохроматического света, которым освещалась решётка?

- | | | | |
|----------------|--------------|----------------|----------------|
| 1) 1 – красный | 2) 1 – синий | 3) 1 – зелёный | 4) 1 – красный |
| 2 – зелёный | 2 – зелёный | 2 – синий | 2 – синий |
| 3 – синий | 3 – красный | 3 – красный | 3 – зелёный |

A17 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева.

	I	II	III
1	1 H 1,00797 Водород		
2	Li 6,939 Литий	3 2 Be 9,0122 Бериллий	4 5 B 10,811 Бор
3	11 Na 22,9898 1 8 Натрий 2	12 Mg 24,312 2 8 Магний 2	13 Al 26,9815 3 8 Алюминий 2

Укажите число электронов в атоме бора В.

- 1) 10
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 5

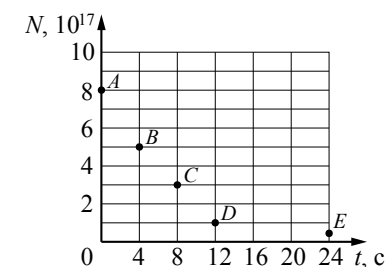
A18 В таблице приведены значения энергии для второго и четвёртого энергетических уровней атома водорода.

Номер уровня	Энергия, 10^{-19} Дж
2	-5,45
4	-1,36

Какой должна быть энергия фотона, при поглощении которого атом переходит со второго уровня на четвёртый?

- 1) $4,09 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 2) $1,36 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 3) $5,45 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 4) $6,81 \cdot 10^{-19}$ Дж

A19 Ядра радона $^{219}_{86}\text{Rn}$ испытывают α -распад с периодом полураспада 4 с. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{17}$ ядер радона. Через какую из точек, кроме точки А, пройдёт график зависимости от времени числа ядер радиоактивного радона в образце?

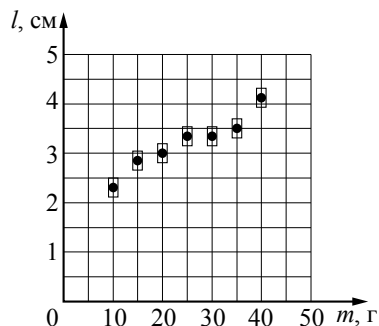


- 1) C
- 2) B
- 3) D
- 4) E

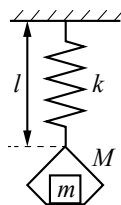
A20 Различные проволоки изготовлены из одного и того же материала. Какую пару проволок нужно выбрать, чтобы на опыте проверить зависимость сопротивления проволоки от её длины?



A21 На графике представлены результаты измерения длины пружины при различных значениях массы грузов, лежащих в чашке пружинных весов (см. рисунок). С учётом погрешностей измерений ($\Delta m = \pm 1$ г; $\Delta l = \pm 0,2$ см) найдите массу груза на чашке весов, при которой длина пружины равна 4,5 см.



- 1) 30 г
- 2) 80 г
- 3) 65 г
- 4) 50 г



Часть 2

Ответом к заданиям этой части (B1–B4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без запятых, пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

B1 На тело, поступательно движущееся в инерциальной системе отсчёта, действовала равнодействующая постоянная сила \vec{F} в течение времени Δt . Если время Δt действия силы увеличится, то как изменятся модуль импульса силы, модуль ускорения тела и модуль изменения импульса тела? 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 импульса равнодействующей силы	Модуль ускорения тела	Модуль изменения импульса тела

B2 Неразветвлённая электрическая цепь состоит из источника постоянного тока и внешнего сопротивления. Как изменятся при увеличении внутреннего сопротивления источника тока следующие величины: сила тока во внешней цепи, напряжение на внешнем сопротивлении, общее сопротивление цепи? 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.

Сила тока во внешней цепи	Напряжение на внешнем сопротивлении	Общее сопротивление цепи

В3 Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_1 , а температура холодильника равна T_2 . За цикл двигатель получает от нагревателя количество теплоты Q_1 . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) КПД двигателя
- Б) работа, совершаемая двигателем за цикл

ФОРМУЛЫ

- 1) $1 - \frac{T_2}{T_1}$
- 2) $\frac{Q_1(T_1 - T_2)}{T_1}$
- 3) $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
- 4) $\frac{Q_1 T_2}{T_1}$

Ответ:

А	Б

В4 В первой экспериментальной установке отрицательно заряженная частица влетает в однородное магнитное поле так, что вектор скорости \vec{v}_0 перпендикулярен индукции магнитного поля (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор скорости \vec{v}_0 такой же частицы параллелен напряжённости электрического поля (рис. 2).

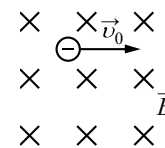


Рис. 1

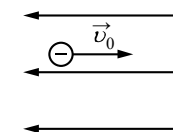


Рис. 2

Установите соответствие между экспериментальными установками и траекториями движения частиц в них.

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

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ

- А) в первой установке
- Б) во второй установке

ТРАЕКТОРИЯ

- 1) прямая линия
- 2) окружность
- 3) спираль
- 4) парабола

Ответ:

А	Б

Часть 3

Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий (A22–A25) в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

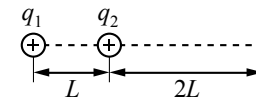
A22 Камень, брошенный с крыши дома почти вертикально вверх со скоростью 10 м/с, упал на землю через 3 с после броска. С какой высоты брошен камень? Сопротивление воздуха не учитывать.

- 1) 75 м
- 2) 20 м
- 3) 30 м
- 4) 15 м

A23 В закрытом сосуде находится 2 г водяного пара под давлением 50 кПа и при температуре 100 °С. Не изменяя температуры, объём сосуда уменьшили в 4 раза. Найдите массу образовавшейся при этом воды.

- 1) 1 г
- 2) 2 г
- 3) 1,5 г
- 4) 0,5 г

A24 Два точечных положительных заряда: $q_1 = 30$ нКл и $q_2 = 10$ нКл находятся в вакууме на расстоянии $L = 0,5$ м друг от друга. Определите величину напряжённости электрического поля этих зарядов в точке A , расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии $2L$ от второго заряда (см. рисунок).



- 1) 420 Н/Кл
- 2) 105 Н/Кл
- 3) 210 Н/Кл
- 4) 375 Н/Кл

A25 Красная граница фотоэффекта для калия $\lambda_0 = 0,62$ мкм. Какую максимальную скорость могут иметь фотоэлектроны, вылетающие с поверхности калиевого фотокатода при облучении его светом длиной волны $\lambda = 0,42$ мкм?

- 1) 580 км/с
- 2) 58 км/с
- 3) 140 км/с
- 4) 14 км/с

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Полное решение задач C1–C6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1, C2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- C1** Два плоских воздушных конденсатора подключены к одинаковым источникам постоянного напряжения и одинаковым лампам, как показано на рисунках а и б. Конденсаторы имеют одинаковую площадь пластин, но различаются расстоянием между пластинами. В некоторый момент времени ключи К в обеих схемах переводят из положения 1 в положение 2. Опираясь на законы электродинамики, объясните, в каком из приведённых опытов при переключении ключа лампа вспыхнет ярче. Сопротивлением соединяющих проводов пренебречь.

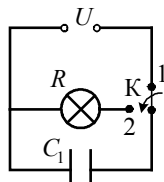


Рис. а

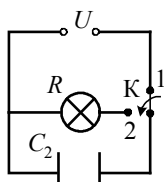
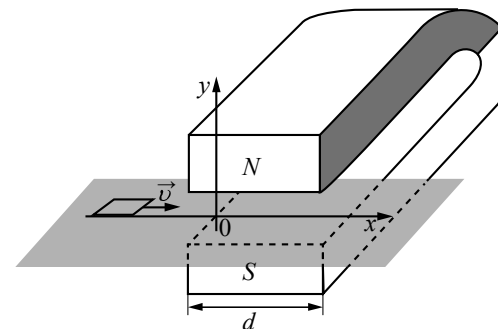
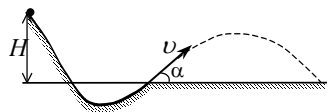


Рис. б

Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать 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.

- C2** При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по гладкому трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с высоты H (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Пролетев по воздуху, он приземляется на горизонтальный стол, находящийся на той же высоте, что и край трамплина. Какова дальность полёта гонщика?



- C3** Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является один моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT , а работа, совершённая газом в изотермическом процессе, равна A . Определите КПД тепловой машины.

- C4** Какую разность потенциалов приложили к однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м, если за 15 с его температура повысилась на 10 К? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, плотность меди 8900 кг/м³.)

- C5** Квадратную рамку из медной проволоки со стороной $b = 5$ см перемещают вдоль оси Ox по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью $v = 1$ м/с. Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка успевает полностью пройти между полюсами магнита. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу F , направленную вдоль оси Ox . Чему равно сопротивление проволоки рамки, если суммарная работа внешней силы за время движения $A = 2,5 \cdot 10^{-3}$ Дж? Ширина полюсов магнита $d = 20$ см, магнитное поле имеет резкую границу, однородно между полюсами, а его индукция $B = 1$ Тл.