

**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ****Вариант № 101****Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (А1–А25). К каждому заданию даётся 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 задач (С1–С6), для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать испрограммированный калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполните задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

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
тига	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	$10^{-9}$
дека	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

**Константы**

число $\pi$	$\pi = 3,14$
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 Авогadro	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
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	$\hbar = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$

**Соотношение между различными единицами**

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

**Масса частиц**

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

**Плотность**

воды	$1000 \text{ кг}/\text{м}^3$	подсолнечного масла	$900 \text{ кг}/\text{м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг}/\text{м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг}/\text{м}^3$
керосина	$800 \text{ кг}/\text{м}^3$	железа	$7800 \text{ кг}/\text{м}^3$
		рутин	$13600 \text{ кг}/\text{м}^3$

**Удельная теплоёмкость**

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

**Удельная теплопроводность**

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж}/\text{кг}$
плавления шёлка	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$

**Нормальные условия:** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{C}$ **Молярная масса**

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	исона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

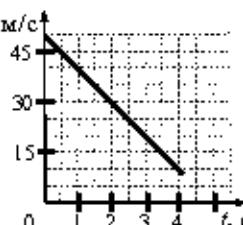
**Часть 1**

**При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «Х» в клеточки, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.**

**A1**

На графике приведена зависимость скорости прямолинейно движущегося тела от времени. Определите модуль ускорения тела.

- 1)  $10 \text{ м/с}^2$
- 2)  $5 \text{ м/с}^2$
- 3)  $15 \text{ м/с}^2$
- 4)  $12,5 \text{ м/с}^2$

**A2**

Ящик затаскивают вверх по наклонной плоскости с постоянной скоростью. Система отсчёта, связанная с наклонной плоскостью, является инерциальной. В этом случае сумма всех сил, действующих на ящик,

- 1) равна нулю
- 2) направлена в сторону движения ящика
- 3) направлена перпендикулярно наклонной плоскости
- 4) направлена в сторону, противоположную движению ящика

**A3**

Камень массой 100 г брошен под углом  $45^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v = 10 \text{ м/с}$ . Модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска, равен

- 1) 0
- 2) 1,7 Н
- 3) 1,0 Н
- 4) 2,0 Н

**A4**

На тело, движущееся прямолинейно в инерциальной системе отсчёта, действует постоянная сила, равная 2 Н. За какое время изменение импульса тела составит 4 кг·м/с?

- 1) 2 с
- 2) 8 с
- 3) 6 с
- 4) 12 с

**A5**

Шарик массой 150 г начинает падать с высоты 20 м из состояния покоя. Какова его кинетическая энергия в момент перед падением на землю, если сопротивление воздуха пренебрежимо мало?

- 1) 54 Дж
- 2) 24 Дж
- 3) 30 Дж
- 4) 42 Дж

**A6**

Математический маятник с периодом колебаний  $T$  отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили без начальной скорости (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет минимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.



- 1)  $\frac{1}{2}T$
- 2)  $T$
- 3)  $\frac{1}{8}T$
- 4)  $\frac{1}{4}T$

**A7**

Автомобиль с выключенным двигателем проехал 50 м вниз по дороге, проложенной под углом  $30^\circ$  к горизонту. При этом его скорость достигла 30 м/с. Какова начальная скорость автомобиля? Трением пренебречь.

- 1) 30 м/с
- 2) 24 м/с
- 3) 10 м/с
- 4) 20 м/с

**A8**

Броуновское движение частиц пыльцы в воде объясняется

- 1) хаотичностью химических реакций на поверхности частиц
- 2) непрерывностью и хаотичностью теплового движения молекул воды
- 3) существованием сил притяжения и отталкивания между атомами в молекулах
- 4) наличием питательных веществ в воде

**A9**

Разреженный углекислый газ изобарно сжимается. Масса газа постоянна. Как надо изменить абсолютную температуру газа, чтобы уменьшить его объём в 4 раза?

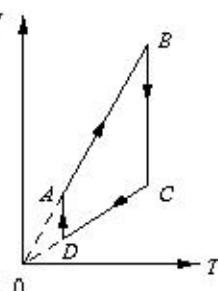
- 1) повысить в 16 раз
- 2) повысить в 4 раза
- 3) понизить в 16 раз
- 4) понизить в 4 раза

**A10** В сосуде с подвижным поршнем находятся вода и её насыщенный пар. Объём пара изотермически уменьшился в 2 раза. Концентрация молекул пара при этом

- 1) уменьшилась в 2 раза
- 2) не изменилась
- 3) увеличилась в 2 раза
- 4) увеличилась в 4 раза

**A11** На рисунке приведён график циклического процесса, проведённого с идеальным газом. На каком из участков внутренняя энергия газа уменьшилась?

- 1) DA
- 2) CD
- 3) BC
- 4) AB



**A12** В баллоне объёмом  $1,66 \text{ м}^3$  находится 2 кг молекулярного кислорода при давлении  $10^5 \text{ Па}$ . Какова температура кислорода?

- 1) 160 К
- 2) 640 К
- 3) 831 К
- 4) 320 К

**A13** Пылинка, имеющая отрицательный заряд  $-2e$ , потеряла один электрон. Каким стал заряд пылинки?

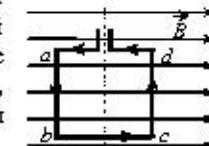
- 1)  $+3e$
- 2)  $-e$
- 3)  $-3e$
- 4)  $+e$

**A14** На графике изображена зависимость силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?

- 1) 5 Ом
- 2) 4 Ом
- 3) 0,25 Ом
- 4) 20 Ом

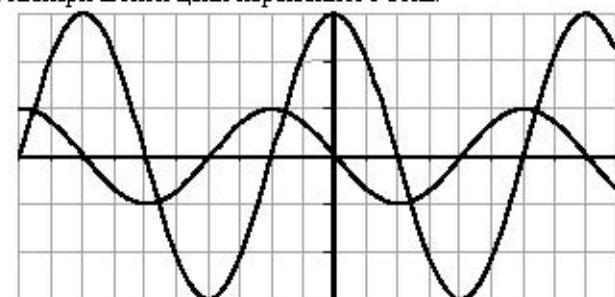


**A15** Квадратная рамка расположена в однородном магнитном поле в плоскости линий магнитной индукции (см. рисунок). Направление тока в рамке показано стрелками. Как направлена сила, действующая на сторону  $bc$  рамки со стороны  $\vec{B}$  внешнего магнитного поля  $B$ ?



- 1) перпендикулярно плоскости чертежа, от нас  $\otimes$
- 2) вдоль направления линий магнитной индукции  $\rightarrow$
- 3) сила равна нулю
- 4) перпендикулярно плоскости чертежа, к нам  $\odot$

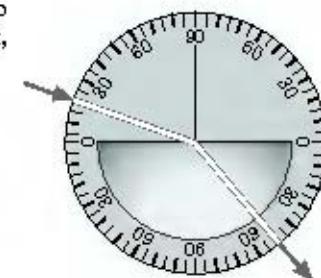
**A16** На рисунке приведены осциллограммы напряжений на двух различных элементах электрической цепи переменного тока.



Колебания этих напряжений имеют

- 1) одинаковые периоды, но различные амплитуды
- 2) различные периоды, но одинаковые амплитуды
- 3) различные периоды и различные амплитуды
- 4) одинаковые периоды и одинаковые амплитуды

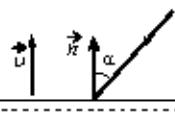
**A17** На рисунке представлен опыт по преломлению света. Пользуясь приведённой таблицей, определите показатель преломления вещества.



угол $\alpha$	$20^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$70^\circ$
sin $\alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94

- 1) 1,47
- 2) 1,88
- 3) 2,29
- 4) 1,22

- A18** На зеркало, движущееся в вакууме относительно инерциальной системы отсчёта (ИСО) со скоростью  $u$ , (см. рисунок), падает луч синего света. Какова скорость света в этой ИСО после отражения от зеркала, если угол падения равен  $60^\circ$ ? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна  $c$ .



- 1)  $\sqrt{\left(\frac{c}{2} + 2u\right)^2 + \frac{3}{4}c^2}$
- 2)  $c$
- 3)  $c + 2u$
- 4)  $c - 2u$

- A19** В области пространства, где находится частица с массой 1 мг и зарядом 2 нКл, создано однородное горизонтальное электрическое поле напряжённостью 50 В/м. За какое время частица переместится на расстояние 0,45 м по горизонтали, если её начальная скорость равна нулю? Действием силы тяжести пренебречь.

- 1) 95 с
- 2) 4,2 см
- 3) 3 с
- 4) 9,5 с

- A20** Как нужно изменить частоту световой волны, чтобы энергия фотона в световом пучке увеличилась в 1,5 раза?

- 1) уменьшить в 1,5 раза
- 2) увеличить в 1,5 раза
- 3) уменьшить в 2,25 раза
- 4) увеличить в 2,25 раза

- A21** Каков заряд ядра  $^{11}_5\text{B}$  (в единицах элементарного заряда)?

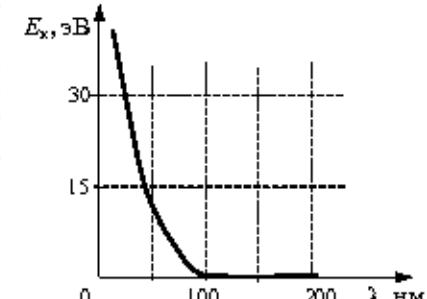
- 1) 5
- 2) 11
- 3) 16
- 4) 6

- A22** Какая частица X образуется в реакции  $^7_3\text{Li} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{10}_5\text{B} + \text{X}$ ?

- 1) электрон
- 2) нейтрон
- 3)  $\alpha$ -частица
- 4) протон

- A23** На графике показана зависимость максимальной кинетической энергии электронов, выбитых из металла при фотоэффеце, от длины волны падающего света. Кинетическая энергия фотозеэлектронов больше нуля, но не превышает 15 эВ, если металл освещается светом с длиной волны

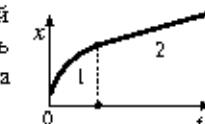
- 1) 150 нм
- 2) 25 нм
- 3) 50 нм
- 4) 200 нм



- A24** Чтобы рассчитать в равновесном состоянии плотность  $\rho$  разреженного газа с известной молярной массой  $\mu$ , достаточно знать значение универсальной газовой постоянной и измерить

- 1) давление газа  $p$  и его объём  $V$
- 2) массу газа  $m$  и его температуру  $T$
- 3) температуру газа  $T$  и его объём  $V$
- 4) давление газа  $p$  и его температуру  $T$

- A25** Бусинка скользит по неподвижной горизонтальной спице. На графике изображена зависимость координаты бусинки от времени. Ось  $Ox$  параллельна спице. На основании графика можно утверждать, что



- 1) на участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 – увеличивается
- 2) на участке 1 модуль скорости увеличивается, а на участке 2 – уменьшается
- 3) на участке 2 проекция ускорения  $a_x$  бусинки положительна
- 4) на участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 – остаётся неизменным

**Часть 2**

**Ответом к заданиям этой части (В1–В4) 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 пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.**

**В1** В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия одного моля разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия, его давление и объём?

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.

Температура гелия	Давление гелия	Объём гелия

**В2** Монокроматический свет с энергией фотонов  $E_\Phi$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно  $U_{\text{зл}}$ . Как изменятся длина волны  $\lambda$  падающего света, модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зл}}$  и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов  $E_\Phi$  увеличится?

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.

Длина волны $\lambda$ падающего света	Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зл}}$	«Красная граница» фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}}$

**В3**

Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны –  $v$ , длина световой волны в воде –  $\lambda$ , показатель преломления воды относительно воздуха –  $n$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитывать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) скорость света в воздухе  
Б) скорость света в воде

**ФОРМУЛЫ**

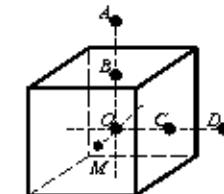
- 1)  $\lambda \cdot v$
- 2)  $\frac{\lambda}{v}$
- 3)  $\lambda \cdot v \cdot n$
- 4)  $\frac{\lambda}{v} \cdot n$

Ответ:

A	B

**В4**

На неподвижном проводящем уединенном кубике находится заряд  $Q$ . Точка  $O$  – центр кубика, точки  $B$  и  $C$  – центры его граней,  $AB = OB$ ,  $CD = OC$ ,  $OM = \frac{OB}{2}$ .



Модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $A$  равен  $E_A$ . Чему равен модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $D$  и в точке  $M$ ?

Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

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

**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА**

- А) модуль напряженности электростатического поля кубика в точке  $D$   
Б) модуль напряженности электростатического поля кубика в точке  $M$

**ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ**

- 1) 0
- 2)  $E_A$
- 3)  $4E_A$
- 4)  $16E_A$

Ответ:

A	B

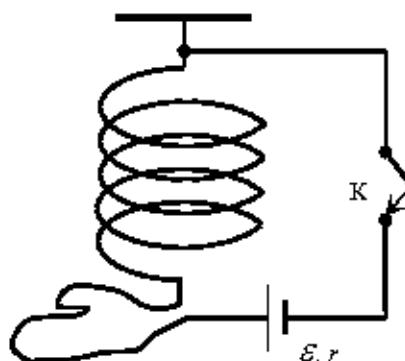
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.*

## Часть 3

**Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**С1**

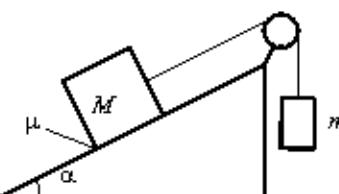
Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины подключается к источнику тока через ключ К, а нижний – с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа К? Ответ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



**Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 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.**

**С2**

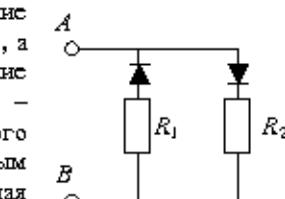
Грузы массами  $M = 1$  кг и  $m$  связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой  $M$  находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $\mu = 0,3$ ). Чему равно максимальное значение массы  $m$ , при котором система грузов ещё не выходит из первоначального состояния покоя?

**С3**

В сосуде лежит кусок льда. Температура льда  $t_1 = 0^\circ\text{C}$ . Если сообщить ему количество теплоты  $Q$ , то весь лёд растает и образовавшаяся вода нагреется до температуры  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ . Какая доля льда  $k$  растает, если сообщить ему количество теплоты  $q = \frac{Q}{2}$ ? Тепловыми потерями на нагрев сосуда пренебречь.

**С4**

В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диодов в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном – многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке А – положительного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением, потребляемая мощность равна 7,2 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 14,4 Вт. Укажите условия протекания тока через диоды и резисторы в обоих случаях и определите сопротивление резисторов в этой цепи.

**С5**

Медное кольцо из провода диаметром 2 мм расположено в однородном магнитном поле, магнитная индукция которого меняется по модулю со скоростью  $1,09 \text{ Тл/с}$ . Плоскость кольца перпендикулярна вектору магнитной индукции. Каков диаметр кольца, если возникающий в нём индукционный ток равен  $10 \text{ А}$ ? Удельное сопротивление меди  $\rho_{\text{Cu}} = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{м}$ .

**С6**

Покоящийся атом водорода в основном состоянии ( $E_1 = -13,6 \text{ эВ}$ ) поглощает в вакууме фотон с длиной волны  $\lambda = 80 \text{ нм}$ . С какой скоростью движется вдали от ядра электрон, вылетевший из атома в результате ионизации? Кинетической энергией образовавшегося иона пренебречь.