

# Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

## 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 (A1–A25). К каждому заданию даётся 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый 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.

Выполняйте 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
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 $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$
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	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$

### Соотношение между различными единицами

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

### Масса частиц

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

### Плотность

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

### Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	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 теплота

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

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

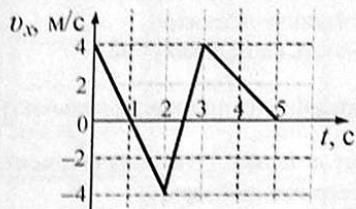
### Молярная масса

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	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
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 «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

**A1** Тело движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке изображён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени  $t$ . В течение какого промежутка времени модуль ускорения тела был наименьшим?



- 1) 0 – 1 с
- 2) 1 – 2 с
- 3) 2 – 3 с
- 4) 3 – 5 с

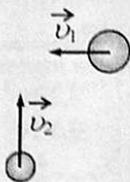
**A2** На тело массой 2 кг действует постоянная сила 3 Н. С каким ускорением движется тело?

- 1)  $0,66 \text{ м/с}^2$
- 2)  $1,5 \text{ м/с}^2$
- 3)  $3 \text{ м/с}^2$
- 4)  $6 \text{ м/с}^2$

**A3** Камень массой 0,2 кг брошен под углом  $60^\circ$  к горизонту. Модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска, равен

- 1) 1 Н
- 2) 2 Н
- 3) 1,73 Н
- 4) 0

**A4** Шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Как будет направлен импульс шаров после столкновения?



- 1) ←
- 2) ↙
- 3) ↘
- 4) ↗

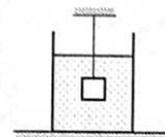
**A5** Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту, причём масса грузовика равна 3500 кг. Какова масса легкового автомобиля, если отношение значений потенциальной энергии грузовика и легкового автомобиля относительно уровня воды равно 3,5?

- 1) 900 кг
- 2) 2400 кг
- 3) 3200 кг
- 4) 1000 кг

**A6** При упругой деформации 2 см стальная пружина имеет потенциальную энергию 2 Дж. Насколько изменится потенциальная энергия этой пружины при увеличении деформации ещё на 2 см?

- 1) увеличится на 6 Дж
- 2) уменьшится на 4 Дж
- 3) увеличится на 8 Дж
- 4) уменьшится на 2 Дж

**A7** Груз массой  $m$  и объёмом  $V = 1,0 \text{ л}$ , подвешенный на тонкой нити, целиком погружен в воду и не касается дна сосуда (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити  $T = 14 \text{ Н}$ . Найдите массу груза.



- 1) 2,8 кг
- 2) 1,0 кг
- 3) 1,4 кг
- 4) 2,4 кг

**A8** Если пыльцу растений размешать в воде, то частицы пыльцы будут долго «висеть» в толще воды, не оседая на дно. Это явление объясняется тем, что

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

**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** Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде 30%. Какой станет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 2 раза?

- 1) 60%
- 2) 45%
- 3) 30%
- 4) 15%

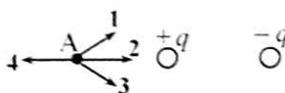
**A11** При расширении газ получил количество теплоты 400 Дж и совершил работу 46 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?

- 1) уменьшилась на 354 Дж
- 2) уменьшилась на 446 Дж
- 3) увеличилась на 354 Дж
- 4) увеличилась на 446 Дж

**A12** У теплового двигателя температура нагревателя 500 К, температура холодильника 300 К. За один цикл двигатель совершает работу 16 кДж. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

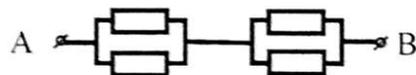
- 1) 40 МДж      2) 27 кДж      3) 45,2 кДж      4) 40 кДж

**A13** На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов  $+q$  и  $-q$  ( $q > 0$ ). Направлению вектора напряжённости суммарного электрического поля этих зарядов в точке А соответствует стрелка



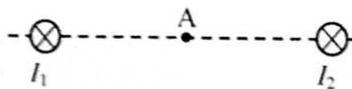
- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 4

**A14** В цепи, схема которой изображена на рисунке, сопротивление каждого резистора 4 Ом. Полное сопротивление участка цепи между клеммами А и В равно



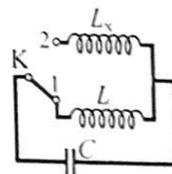
- 1) 4 Ом  
2) 1 Ом  
3) 2 Ом  
4) 16 Ом

**A15** Магнитное поле  $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$  создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами  $I_1$  и  $I_2$ , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Векторы  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  в точке А направлены в плоскости чертежа следующим образом:



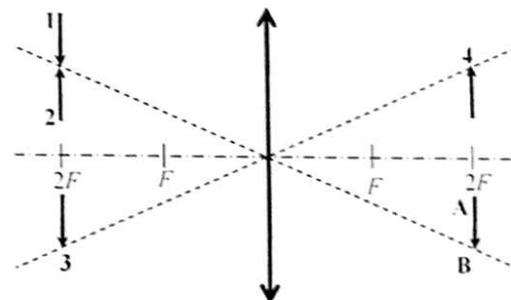
- 1)  $\vec{B}_1$  – вверх,  $\vec{B}_2$  – вверх  
2)  $\vec{B}_1$  – вниз,  $\vec{B}_2$  – вверх  
3)  $\vec{B}_1$  – вверх,  $\vec{B}_2$  – вниз  
4)  $\vec{B}_1$  – вниз,  $\vec{B}_2$  – вниз

**A16** Какой должна быть индуктивность  $L_x$  катушки в контуре (см. рисунок), чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре уменьшился в 3 раза?



- 1)  $\frac{1}{9}L$       2)  $3L$       3)  $\frac{1}{3}L$       4)  $9L$

**A17** Какому из предметов 1–4 соответствует изображение АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?



- 1) предмету 1      2) предмету 2      3) предмету 3      4) предмету 4

**A18** Проникновение света в область геометрической тени от препятствия называется

- 1) дисперсией света  
2) поляризацией света  
3) дифракцией света  
4) интерференцией света

**A19** Две частицы движутся в одном и том же однородном магнитном поле в плоскостях, перпендикулярных вектору индукции  $\vec{B}$ , по окружностям одинакового радиуса. Чему равно отношение  $\frac{p_2}{p_1}$  импульсов этих частиц,

если  $\frac{q_2}{q_1} = 4$ ?

- 1) 1      2) 2      3) 4      4) 8

**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

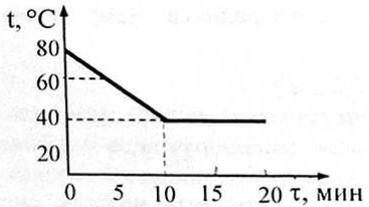
**A21** Начальная масса радиоактивного йода 4 г, период полураспада 8 суток. Сколько этого изотопа йода останется в образце через 16 суток?  
 1) 0 г                      2) 1 г                      3) 2 г                      4) 3 г

**A22** Ядро изотопа урана  $^{238}_{92}\text{U}$ , поглотив 1 нейтрон и испустив 2 электрона, превращается в ядро  
 1)  $^{239}_{94}\text{Pu}$   
 2)  $^{237}_{90}\text{Th}$   
 3)  $^{239}_{90}\text{Th}$   
 4)  $^{239}_{91}\text{Pa}$

**A23** На металлическую пластинку падает электромагнитное излучение, выбивающее электроны из пластинки. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетевших из пластинки в результате фотоэффекта, составляет 6 эВ, а работа выхода из металла в 3 раза меньше, чем энергия фотонов в волне. Чему равна энергия фотонов падающего излучения?  
 1) 2 эВ                      2) 6 эВ                      3) 9 эВ                      4) 3 эВ

**A24** В сосуде находится идеальный газ в количестве  $\nu$  молей при давлении  $p$  и температуре  $T$ . Универсальная газовая постоянная  $R$ . Какую величину можно определить по этим данным?  
 1) объём  $V$   
 2) массу газа  $m$   
 3) молярную теплоёмкость газа  $C_V$  при постоянном объёме  
 4) молярную массу  $\mu$

**A25** На графике приведена зависимость температуры некоторого вещества от времени. Агрегатное состояние, в котором находилось вещество в начальный момент времени, неизвестно. На основании этого графика можно с уверенностью сказать, что



- 1) первые 10 минут вещество охлаждалось, а затем стало конденсироваться
- 2) первые 10 минут вещество охлаждалось, а затем стало кристаллизироваться
- 3) первые 10 минут вещество остывало, а затем его температура не менялась
- 4) температура кристаллизации вещества 40 °C

**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 первой серии опытов по исследованию малых колебаний разных грузов на нити одинаковой длины использовался железный грузик, во второй — алюминиевый такого же объёма. Угол отклонения нити от вертикали в обоих исследованиях одинаковый. Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменятся период колебаний, частота и максимальная кинетическая энергия груза? 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.

Период колебаний	Частота	Максимальная кинетическая энергия груза

**В2** В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона следующие характеристики ядра: массовое число ядра, заряд ядра и число нуклонов в ядре?

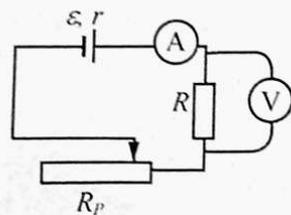
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Массовое число ядра	Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

**В3** Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке. Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ

- А) показания амперметра  
Б) показания вольтметра

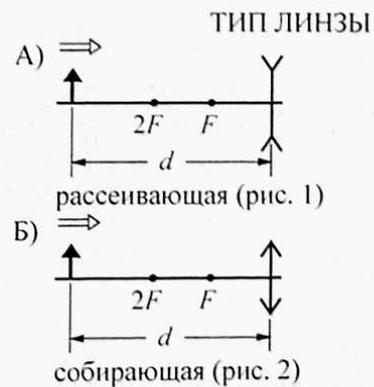
ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЁТОВ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ

- 1)  $\frac{\varepsilon}{R + R_p + r}$
- 2)  $\varepsilon(R + R_p + r)$
- 3)  $\varepsilon - \frac{\varepsilon R}{R + R_p + r}$
- 4)  $\frac{\varepsilon R}{R + R_p + r}$

Ответ:

А	Б

**В4** При исследовании свойств изображения в линзах в первом опыте предмет приближается к рассеивающей линзе (рис. 1), во втором — к собирающей (рис. 2). При каких расстояниях  $d$  можно наблюдать действительное уменьшенное изображение (отражение света от поверхностей линз не рассматривается)? К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕНИЯ

- 1) нельзя наблюдать ни при каких расстояниях
- 2) при любых  $d$ , кроме  $d = F$
- 3)  $d > 2F$
- 4)  $F < d < 2F$

Ответ:

А	Б

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

### Часть 3

Задания C1–C6 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 (C1, C2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- C1** Проволочное кольцо начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображённого на рис. 1. При движении около закреплённого постоянного магнита в кольце возникает электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рис. 2.

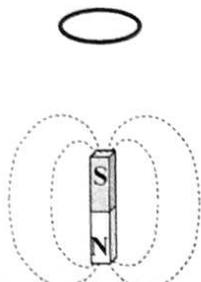


Рис. 1

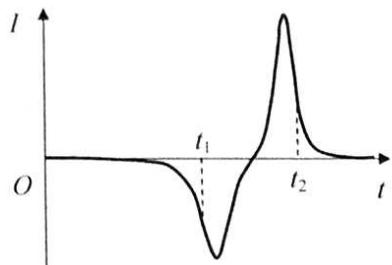
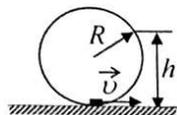


Рис. 2

Почему в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  ток в кольце имеет различные направления? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения. Влиянием тока в кольце на его движение пренебречь.

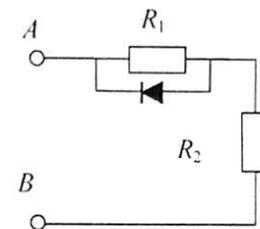
**Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

- C2** Небольшая шайба массой  $m = 10$  г, начав движение из нижней точки гладкого кольца радиусом  $R = 0,14$  м, скользит по его внутренней поверхности. На высоте  $h = 0,18$  м она отрывается от кольца и свободно падает. Какова сила реакции, действующая на шайбу со стороны кольца в начале движения?

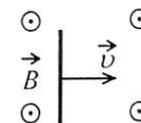


- C3** В калориметре находится 1 кг льда при температуре  $-5^\circ\text{C}$ . Какую массу воды, имеющей температуру  $20^\circ\text{C}$ , нужно добавить в калориметр, чтобы температура его содержимого после установления теплового равновесия оказалась равной  $0^\circ\text{C}$ , причём в калориметре был бы только лёд? Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебречь.

- C4** В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном – многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке  $A$  – положительного, а к точке  $B$  – отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением, потребляемая мощность равна 4,8 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 7,2 Вт. Укажите условия протекания тока через диод и резисторы в обоих случаях и определите сопротивления резисторов в этой цепи.



- C5** Проводник длиной 1 м движется равноускоренно в однородном магнитном поле, индукция которого равна  $0,5$  Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения. Скорость проводника перпендикулярна проводнику (см. рисунок). Начальная скорость проводника равна нулю, ускорение  $8$  м/с<sup>2</sup>. ЭДС индукции в этом проводнике в конце перемещения равна 2 В. На какое расстояние переместился проводник?



- C6** В результате распада свободного пиона ( $\pi^0$ -мезона) образовались два  $\gamma$ -кванта. Квант, распространяющийся в направлении движения пиона, имеет энергию  $E_1 = 74,25$  МэВ, а другой, распространяющийся в противоположном направлении – энергию  $E_2 = 60,75$  МэВ. Чему была равна скорость пиона до распада? До распада пион двигался со скоростью, значительно меньшей скорости света.