

## Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

### Вариант № 105

#### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (B1–B5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий B1 и B2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий B3–B5 в виде числа.

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

При выполнении заданий B3–B5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). 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.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. 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)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
электрический заряд	
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

#### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
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

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

#### Удельная теплоемкость

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  $0^\circ\text{C}$

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

**A1** Четыре тела двигались по оси Oх. В таблице представлена зависимость их координат от времени.

$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5
$x_1, \text{м}$	0	2	4	6	8	10
$x_2, \text{м}$	0	0	0	0	0	0
$x_3, \text{м}$	0	1	4	9	16	25
$x_4, \text{м}$	0	2	0	-2	0	2

Какое из тел могло двигаться равноускоренно?

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

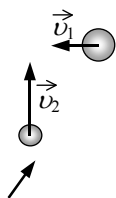
**A2** Шарик движется по окружности радиусом  $r$  со скоростью  $v$ . Как изменится центростремительное ускорение шарика, если его скорость уменьшить в 2 раза?

- 1) уменьшится в 2 раза  
 2) увеличится в 2 раза  
 3) уменьшится в 4 раза  
 4) увеличится в 4 раза

**A3** У поверхности Земли на космонавта действует сила тяготения 720 Н. Какая сила тяготения действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, движущемся по круговой орбите вокруг Земли на расстоянии трех земных радиусов от ее центра?

- 1) 0 Н                      2) 240 Н                      3) 180 Н                      4) 80 Н

**A4** Шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и сталкиваются. Как будет направлен суммарный импульс шаров после столкновения, если удар абсолютно упругий?



- 1) ←                      2) ↑                      3) ↖                      4) ↗

**A5** Мальчик столкнул санки с вершины горки. Сразу после толчка санки имели скорость 5 м/с. Высота горки 10 м. Трение санок о снег пренебрежимо мало. Какова скорость санок у подножия горки?

- 1) 7,5 м/с                      2) 10 м/с                      3) 12,5 м/с                      4) 15 м/с

**A6** Период колебаний потенциальной энергии пружинного маятника 1 с. Каким будет период ее колебаний, если массу груза маятника и жесткость пружины увеличить в 4 раза?

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

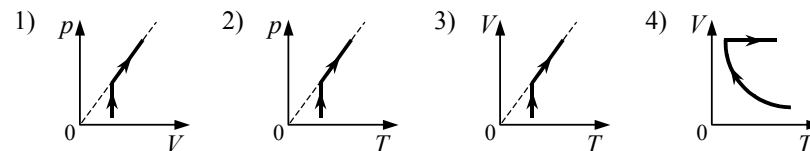
**A7** Коэффициент трения резины колес автомобиля об асфальт равен 0,4. При скорости движения 20 м/с водитель, во избежание аварии, должен придерживаться радиуса поворота, не меньшего, чем

- 1) 200 м                      2) 100 м                      3) 40 м                      4) 10 м

**A8** В результате нагревания разреженного газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 1,5 раза. Как изменилась при этом абсолютная температура газа?

- 1) увеличилась в 1,5 раза  
 2) увеличилась в 3 раза  
 3) уменьшилась в 1,5 раза  
 4) уменьшилась в 3 раза

**A9** Один моль разреженного газа сначала изотермически расширяется, а затем изобарно нагревается. На каком из рисунков изображен график этих процессов?



**A10** Температура кипения воды в чайнике существенно зависит от

- 1) мощности нагревателя  
 2) атмосферного давления  
 3) вещества сосуда, в котором нагревается вода  
 4) начальной температуры воды

**A11** Газ отдал количество теплоты 300 Дж, а внешние силы совершили над ним работу 100 Дж. При этом внутренняя энергия газа

- 1) уменьшилась на 200 Дж
- 2) увеличилась на 200 Дж
- 3) уменьшилась на 400 Дж
- 4) увеличилась на 400 Дж

**A12** Относительная влажность воздуха в помещении равна 70% при температуре воздуха в нем 20°C. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите массу воды в кубическом метре помещения.

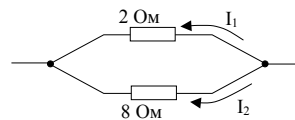
$t, ^\circ\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

- 1) 1,73 кг
- 2) 1,21 кг
- 3)  $1,73 \cdot 10^{-2}$  кг
- 4)  $1,21 \cdot 10^{-2}$  кг

**A13** Два точечных электрических заряда действуют друг на друга с силами 9 мкН. Какими станут силы взаимодействия между ними, если, не меняя расстояние между зарядами, уменьшить модуль каждого из них в 3 раза?

- 1) 1 мкН
- 2) 3 мкН
- 3) 27 мкН
- 4) 81 мкН

**A14** Два резистора, сопротивления которых равны 2 Ом и 8 Ом, включены в электрическую цепь параллельно, как показано на рисунке. В этом случае для значений силы тока в резисторах справедливо соотношение

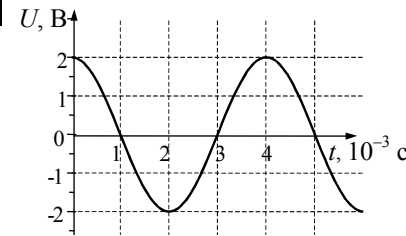


- 1)  $I_1 = 2I_2$
- 2)  $I_1 = \frac{1}{4}I_2$
- 3)  $I_1 = \frac{1}{2}I_2$
- 4)  $I_1 = 4I_2$

**A15** С использованием закона Фарадея для электромагнитной индукции ( $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ) можно объяснить

- 1) возникновение электрического тока в замкнутой катушке при уменьшении силы тока в другой катушке, находящейся рядом с ней
- 2) взаимодействие двух параллельных проводов, по которым идет ток
- 3) отклонение магнитной стрелки, расположенной вблизи проводника с током параллельно ему
- 4) возникновение силы, действующей на движущуюся заряженную частицу в магнитном поле

**A16**

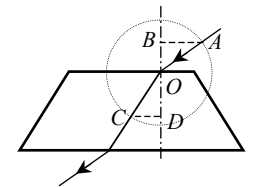


Напряжение на клеммах конденсатора в колебательном контуре меняется с течением времени согласно графику на рисунке. Какое преобразование энергии происходит в контуре в промежутке от 0 до  $1 \cdot 10^{-3}$  с?

- 1) энергия электрического поля конденсатора преобразуется в энергию магнитного поля катушки
- 2) энергия магнитного поля катушки преобразуется в энергию электрического поля конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора увеличивается до максимального значения
- 4) энергия движения электронов в проводах преобразуется в энергию электрического поля конденсатора

**A17**

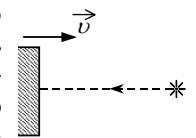
На рисунке показан ход луча света через стеклянную призму, находящуюся в воздухе. Если точка  $O$  – центр окружности, то показатель преломления стекла  $n$  равен



- 1)  $\frac{CD}{AB}$
- 2)  $\frac{OB}{OD}$
- 3)  $\frac{AB}{CD}$
- 4)  $\frac{OD}{OB}$

**A18**

Свет от неподвижного источника распространяется со скоростью  $c$  и падает перпендикулярно на поверхность зеркала, которое приближается к источнику со скоростью  $v$  (см. рисунок). Какова скорость отраженного света в инерциальной системе отсчета, связанной с зеркалом?



- 1)  $c - v$
- 2)  $c$
- 3)  $c + v$
- 4)  $c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

- A19** Две частицы, имеющие отношение зарядов  $\frac{q_2}{q_1} = 4$  и массы  $m_1$  и  $m_2$ , движутся в однородном электрическом поле. Определите отношение масс  $\frac{m_2}{m_1}$  этих частиц, если отношение их ускорений  $\frac{a_2}{a_1} = \frac{1}{2}$ .
- 1) 1                      2) 8                      3) 16                      4) 4

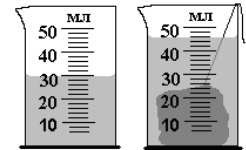
- A20** Электронная оболочка в атоме алюминия  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  содержит
- 1) 27 электронов  
 2) 40 электронов  
 3) 13 электронов  
 4) 14 электронов

- A21** Какая доля радиоактивных атомов распадается через интервал времени, равный двум периодам полураспада?
- 1) 100%                      2) 75%                      3) 50%                      4) 25%

- A22** Радиоактивный полоний  ${}_{84}^{218}\text{Po}$ , испытав один  $\alpha$ -распад и два  $\beta$ -распада, превратился в изотоп
- 1) свинца  ${}_{82}^{214}\text{Pb}$   
 2) полония  ${}_{84}^{214}\text{Po}$   
 3) висмута  ${}_{83}^{214}\text{Bi}$   
 4) радона  ${}_{86}^{222}\text{Rn}$

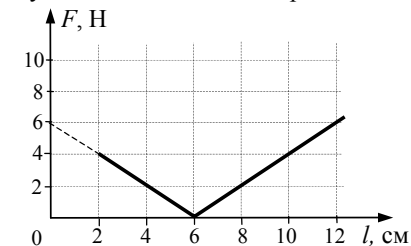
- A23** В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода 3,5 эВ и стали освещать ее светом частоты  $3 \cdot 10^{14}$  Гц. Затем частоту падающей на пластину световой волны увеличили в 2 раза, оставив неизменной интенсивность светового пучка. В результате этого число фотоэлектронов, покидающих пластину за 1 с,
- 1) не изменилось и осталось равным нулю  
 2) увеличилось более чем в 2 раза  
 3) увеличилось в 2 раза  
 4) увеличилось менее чем в 2 раза

- A24** При измерении объема тела его погрузили в мензурку (см. рисунок). Его объем оказался примерно равен



- 1) 46 мл                      2) 30 мл                      3) 24 мл                      4) 16 мл

- A25** При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины, которая выражается формулой  $F(l) = k|l - l_0|$ , где  $l_0$  – длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведен на рисунке.



Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) результатам опыта?

А. Жесткость пружины равна 100 Н/м.

Б. Длина пружины в недеформированном состоянии равна 6 см.

- 1) только А                      2) только Б                      3) и А, и Б                      4) ни А, ни Б

**Часть 2**

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и других символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

**В1** В сосуде неизменного объема находится идеальный газ. Если часть газа выпустить из сосуда при постоянной температуре, то как изменятся величины: давление газа, его плотность и количество вещества в сосуде? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

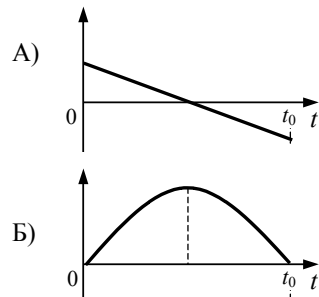
Давление газа	Плотность газа	Количество вещества

**В2** Шарик брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $\vec{v}$  (см. рисунок). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять ( $t_0$  – время полета). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**



- 1) координата шарика
- 2) проекция скорости шарика
- 3) проекция ускорения шарика
- 4) проекция силы тяжести, действующей на шарик

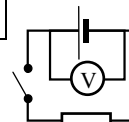
А	Б

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

**В3** На последнем километре тормозного пути скорость поезда уменьшилась на 10 м/с. Каков общий тормозной путь поезда, если торможение происходило с постоянным ускорением, а скорость в начале торможения равнялась 72 км/ч?

**В4** В сосуде объемом  $V = 50$  л находится гелий при давлении  $p = 10^5$  Па. Найдите внутреннюю энергию  $U$  гелия. Гелий – одноатомный газ.

**В5** При разомкнутой цепи (см. рисунок) идеальный вольтметр показывает 8 В, а при замкнутой цепи – 7 В. Внутреннее сопротивление источника тока равно 5 Ом. Чему равно сопротивление внешней цепи?

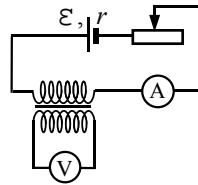


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1**

**Часть 3**

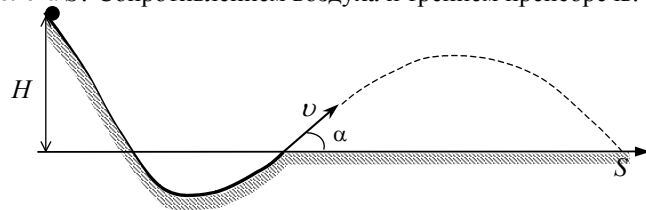
**Задания C1–C6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.**

**C1** На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вправо. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с  $\mathcal{E}$ .



**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, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

**C2** При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с высоты  $H$  (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под таким углом к горизонту, что дальность его полета максимальна. Пролетев по воздуху, гонщик приземляется на горизонтальный стол, находящийся на той же высоте, что и край трамплина. Какова дальность полета  $S$ ? Сопротивлением воздуха и трением пренебречь.



**C3** Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу 1 кг. Радиус оболочки шара  $r = 2,7$  м. Шар наполняют газом при атмосферном давлении  $10^5$  Па. Температура газа и окружающего воздуха одинакова и равна  $0^\circ\text{C}$ . Определите молярную массу газа, если оказалось, что шар может в таких условиях поднять только себя. (Площадь сферы  $S = 4\pi r^2$ , объем шара  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ .)

**C4** Полый шарик массой  $m = 0,4$  г с зарядом  $q = 8$  нКл движется в горизонтальном однородном электрическом поле, напряженность которого  $E = 500$  кВ/м. Какой угол  $\alpha$  образует с вертикалью траектория шарика, если его начальная скорость равна нулю?

**C5** Небольшой груз, подвешенный на нити длиной 2,5 м, совершает гармонические колебания, при которых его максимальная скорость достигает 0,2 м/с. При помощи собирающей линзы изображение колеблющегося груза проецируется на экран, находящийся на расстоянии 0,5 м от плоскости линзы. Ее главная оптическая ось перпендикулярна плоскости колебаний маятника и плоскости экрана. Максимальное смещение изображения груза на экране от проекции положения равновесия составляет 0,15 м. Определите фокусное расстояние линзы.

**C6** Фотокатод облучают светом с длиной волны  $\lambda = 200$  нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 290$  нм. Какое напряжение  $U$  нужно создать между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?