

## Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

### Вариант № 5

#### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 39 заданий.

Часть 1 содержит 30 заданий (A1 – A30). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1 – B4), на которые следует дать краткий ответ. Для задания B1 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий B2-B4 в виде числа.

Часть 3 состоит из 5 заданий (C1 – C5), на которые требуется дать развернутый ответ. Необходимо записать законы физики, из которых выносятся требуемые для решения задачи соотношения.

При выполнении заданий 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 вычислении 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	$10^9$	санتي	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	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
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

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 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	$640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	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	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

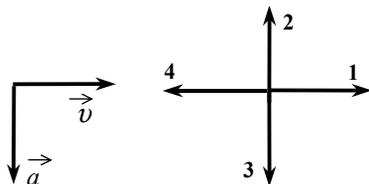
**Часть 1**

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1 – A30) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

**A1** Тело брошено вертикально вверх. Через 0,5 с после броска его скорость 20 м/с. Какова начальная скорость тела? Сопротивлением воздуха пренебречь.  
 1) 15 м/с      2) 20,5 м/с      3) 25 м/с      4) 30 м/с

**A2** Человек, равномерно поднимая веревку, достал ведро с водой из колодца глубиной 10 м. Масса ведра 1,5 кг, масса воды в ведре 10 кг. Какую работу он при этом совершил?  
 1) 1150 Дж      2) 1275 Дж      3) 1000 Дж      4) 1300 Дж

**A3** На левом рисунке представлены векторы скорости и ускорения тела. Какой из четырех векторов на правом рисунке указывает направление вектора равнодействующей всех сил, действующих на это тело?  
 1) 1      2) 2      3) 3      4) 4



**A4** Санки массой 5 кг скользят по горизонтальной дороге. Сила трения скольжения их полозьев о дорогу 6 Н. Каков коэффициент трения скольжения саночных полозьев о дорогу?  
 1) 0,012      2) 0,83      3) 0,12      4) 0,083

**A5** Давление, созданное водой на дне озера глубиной 6 м (атмосферное давление не учитывать), равно  
 1) 6 кПа      2) 60 кПа      3) 600 кПа      4) 6 МПа

**A6** Хоккейная шайба массой 160 г летит со скоростью 10 м/с. Какова ее кинетическая энергия?  
 1) 1,6 Дж      2) 16 Дж      3) 0,8 Дж      4) 8 Дж

**A7** На расстоянии 400 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Каково время между видимым ударом молота о сваю и звуком удара, услышанным наблюдателем? Скорость звука в воздухе 330 м/с.  
 1) 1,4 с      2) 1,2 с      3) 0,9 с      4) 0,6 с

**A8** Автомобиль совершает поворот на горизонтальной дороге по дуге окружности. Каков минимальный радиус окружности траектории автомобиля при его скорости 18 м/с и коэффициенте трения автомобильных шин о дорогу 0,4?  
 1) 81 м      2) 9 м      3) 45,5 м      4) 90 м

**A9** Закрепленный пружинный пистолет стреляет вертикально вверх. Какой была деформация пружины  $\Delta l$  перед выстрелом, если жесткость пружины  $k$ , а пуля массой  $m$  в результате выстрела поднялась на высоту  $h$ ? Трением пренебречь. Считать, что  $\Delta l \ll h$ .  
 1)  $2\sqrt{\frac{mgh}{k}}$       2)  $\sqrt{\frac{mgh}{2k}}$       3)  $\sqrt{\frac{mgh}{k}}$       4)  $\sqrt{\frac{2mgh}{k}}$

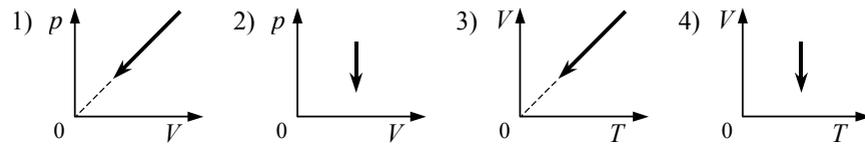
**A10** Газ в цилиндре переводится из состояния А в состояние В так, что его масса при этом не изменяется. Параметры, определяющие состояния идеального газа, приведены в таблице:

	$p, 10^5 \text{ Па}$	$V, 10^{-3} \text{ м}^3$	$T, \text{ К}$
состояние А	1,0	4	
состояние В	1,5	8	900

Выберите число, которое следует внести в свободную клетку таблицы.  
 1) 300      2) 450      3) 600      4) 900

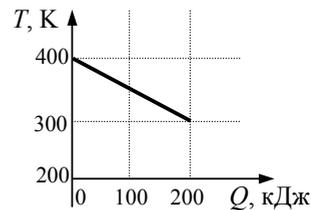
**A11** Как изменится давление разреженного газа, если среднюю кинетическую энергию теплового движения молекул газа уменьшить в 2 раза и концентрацию молекул газа уменьшить в 2 раза?  
 1) не изменится  
 2) уменьшится в 2 раза  
 3) увеличится в 4 раза  
 4) уменьшится в 4 раза

**A12** Пробирку держат вертикально и открытым концом медленно погружают в стакан с водой. Высота столбика воздуха в пробирке уменьшается. Какой из графиков правильно описывает процесс, происходящий с воздухом в пробирке?



**A13** На рисунке приведен график зависимости температуры твердого тела от отданного им количества теплоты. Масса тела 4 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?

- 1) 0,125 Дж/(кг·К)
- 2) 0,25 Дж/(кг·К)
- 3) 500 Дж/(кг·К)
- 4) 4000 Дж/(кг·К)

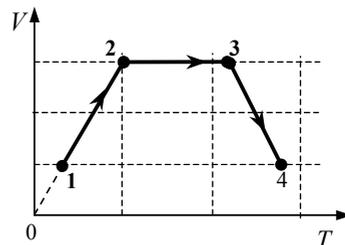


**A14** Над газом внешние силы совершили работу 300 Дж, а его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. В этом процессе газ

- 1) получил количество теплоты 400 Дж
- 2) получил количество теплоты 200 Дж
- 3) отдал количество теплоты 100 Дж
- 4) отдал количество теплоты 200 Дж

**A15** Газ последовательно перешел из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3 и 4. Работа газа равна нулю

- 1) на участке 1 – 2
- 2) на участке 2 – 3
- 3) на участке 3 – 4
- 4) на участках 1 – 2 и 3 – 4



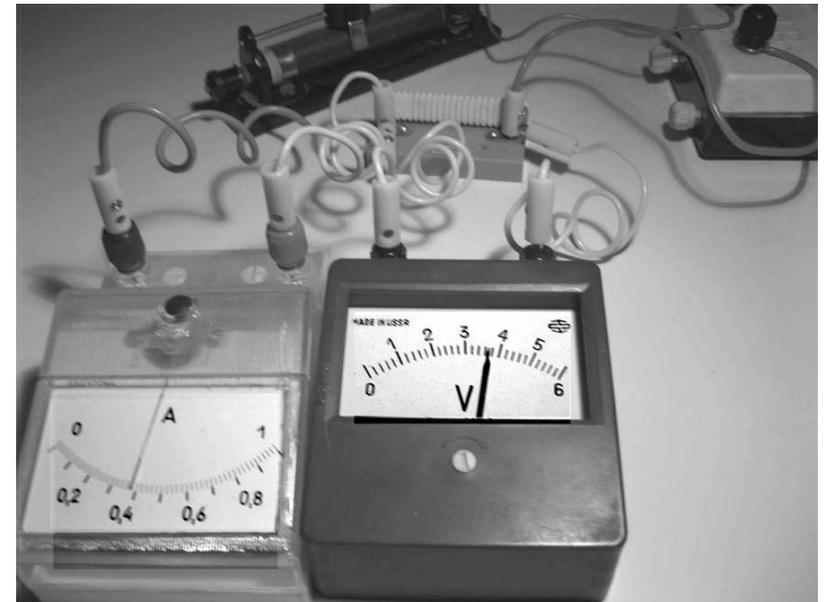
**A16** Первый конденсатор емкостью 3 С подключен к источнику тока с ЭДС  $\varepsilon$ , а второй – емкостью С подключен к источнику с ЭДС  $3\varepsilon$ . Отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого равно

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

**A17** Как изменится модуль силы взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +6$  мкКл и  $q_2 = -2$  мкКл, если шары привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

- 1) увеличится в 9 раз
- 2) увеличится в 8 раз
- 3) увеличится в 3 раза
- 4) уменьшится в 3 раза

**A18** Для исследования зависимости силы тока, протекающего через проволочный резистор, от напряжения на нем была собрана электрическая цепь, представленная на фотографии.



Насколько необходимо увеличить напряжение для увеличения силы тока на 0,22 А?

- 1) 1,1 В
- 2) 2,2 В
- 3) 3,3 В
- 4) 4,4 В

**A19** На цоколе автомобильной лампочки обозначены два числа: 12 В, 20 Вт. Какую работу совершает электрический ток за 10 мин свечения лампы при ее работе в сети напряжением 12 В?

- 1) 12000 Дж      2) 2400 Дж      3) 240 Дж      4) 20 Дж

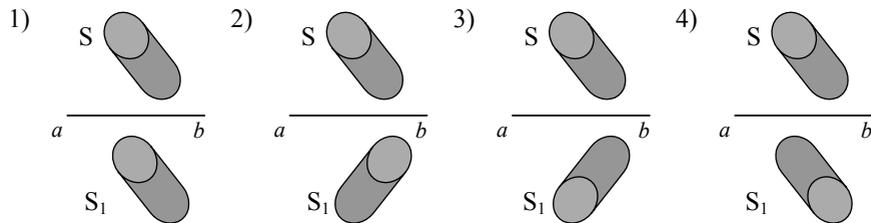
**A20** Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью  $3 \cdot 10^{-4}$  Гн при силе тока через нее 6 А.

- 1)  $1,08 \cdot 10^{-2}$  Дж  
2)  $0,45 \cdot 10^{-3}$  Дж  
3)  $5,4 \cdot 10^{-3}$  Дж  
4)  $0,9 \cdot 10^{-3}$  Дж

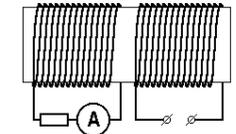
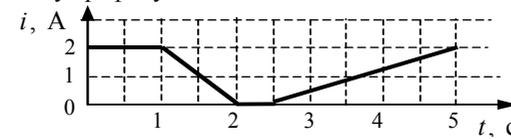
**A21** Дифракционная решетка освещается монохроматическим светом. На экране, установленном за решеткой параллельно ей, возникает дифракционная картина, состоящая из темных и светлых вертикальных полос. В первом опыте решетка освещается желтым светом, во втором – зеленым, а в третьем – фиолетовым. Меняя решетки, добиваются того, что расстояние между полосами во всех опытах остается одинаковым. Значения постоянной решетки  $d_1, d_2, d_3$  в первом, во втором и в третьем опытах соответственно, удовлетворяют условиям

- 1)  $d_1 = d_2 = d_3$   
2)  $d_1 > d_2 > d_3$   
3)  $d_2 > d_1 > d_3$   
4)  $d_1 < d_2 < d_3$

**A22** Источник света неправильной формы S отражается в плоском зеркале ab. На каком рисунке верно показано изображение S<sub>1</sub> этого источника в зеркале?



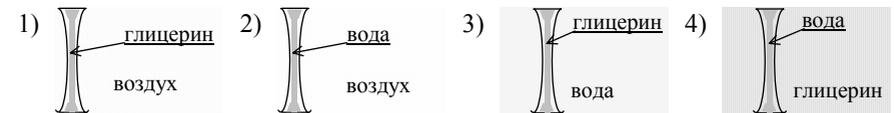
**A23** На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведенному графику.



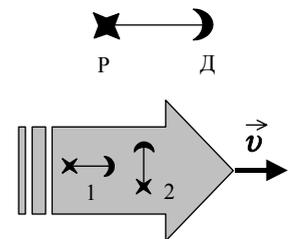
В какие промежутки времени амперметр покажет наличие тока в левой катушке?

- 1) от 1 с до 2 с и от 2,5 с до 5 с  
2) только от 1 с до 2 с  
3) от 0 с до 1 с и от 2 с до 2,5 с  
4) только от 2,5 с до 5 с

**A24** Из очень тонких одинаковых сферических стеклянных сегментов изготовлены линзы, представленные на рисунках. Если показатель преломления глицерина больше, чем показатель преломления воды, то собирающая линза представлена на рисунке



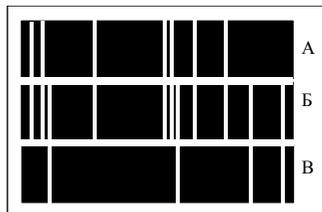
**A25** В установке искровой разряд создает вспышку света и звуковой импульс, регистрируемые датчиком, расположенным на расстоянии 1 м от разрядника. Схематически взаимное расположение разрядника Р и датчика Д изображено стрелкой. Время распространения света от разрядника к датчику  $T$ , а звука –  $\tau$ . Проводя эксперименты с двумя установками 1 и 2, расположенными в космическом корабле, летящем со скоростью  $v = \frac{c}{2}$  относительно Земли, как показано на рисунке,



космонавты обнаружили, что

- 1)  $T_1 = T_2$       2)  $T_1 = T_2$       3)  $T_1 > T_2$       4)  $T_1 < T_2$   
 $\tau_1 < \tau_2$        $\tau_1 = \tau_2$        $\tau_1 < \tau_2$        $\tau_1 > \tau_2$

**A26** На рисунках А, Б, В приведены спектры излучения газов А и В и газовой смеси Б. На основании анализа этих участков спектров можно сказать, что смесь газов содержит



- 1) только газы А и В
- 2) газы А, В и другие
- 3) газ А и другой неизвестный газ
- 4) газ В и другой неизвестный газ

**A27** В результате столкновения ядра урана с частицей произошло деление ядра урана, сопровождающееся излучением  $\gamma$ -кванта в соответствии с уравнением  ${}^Y_Z X + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{94}_{36}Kr + {}^{139}_{56}Ba + 3{}_0^1n + 5\gamma$ . Ядро урана столкнулось с

- 1) протоном
- 2) электроном
- 3) нейтроном
- 4)  $\alpha$ -частицей

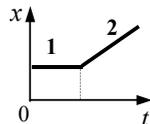
**A28** Период полураспада ядер атомов радона  ${}^{219}_{86}Rn$  составляет 3,9 с. Это означает, что

- 1) за 3,9 с атомный номер каждого ядра  ${}^{219}_{86}Rn$  уменьшится вдвое
- 2) одно ядро  ${}^{219}_{86}Rn$  распадается каждые 3,9 с
- 3) половина большого исходного количества ядер  ${}^{219}_{86}Rn$  распадется за 3,9 с
- 4) все изначально имевшиеся ядра  ${}^{219}_{86}Rn$  распадутся за 7,8 с

**A29** Металлическую пластину освещают светом с энергией фотонов 6,2 эВ. Работа выхода для металла пластины равна 2,5 эВ. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов?

- 1) 3,7 эВ
- 2) 2,5 эВ
- 3) 6,2 эВ
- 4) 8,7 эВ

**A30** На рисунке изображен график зависимости координаты бусинки, свободно скользящей по горизонтальной спице, от времени. На основании графика можно утверждать, что



- 1) на участке 1 движение является равномерным, а на участке 2 – равноускоренным
- 2) проекция ускорения бусинки всюду увеличивается
- 3) на участке 2 проекция ускорения бусинки положительна
- 4) на участке 1 бусинка покоится, а на участке 2 – движется равномерно

## Часть 2

**В задании В1 требуется указать последовательность цифр, соответствующих правильному ответу. Эту последовательность следует записать сначала в текст экзаменационной работы, а затем перенести в бланк ответов № 1 без пробелов и других символов. (Цифры в ответе могут повторяться.)**

**В1** Груз массой  $m$ , подвешенный к пружине, совершает колебания с периодом  $T$  и амплитудой  $x_0$ . Что произойдет с периодом, максимальной потенциальной энергией пружины и частотой, если при неизменной амплитуде уменьшить массу?  
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

### ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- |   |                 |
|---|-----------------|
| А) период                                     | 1) увеличится   |
| Б) частота                                    | 2) уменьшится   |
| В) максимальная потенциальная энергия пружины | 3) не изменится |

А	Б	В

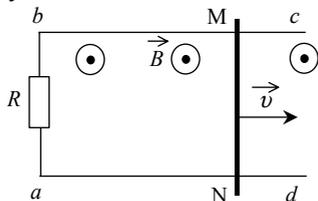
Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

**Ответом к каждому заданию этой части будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера задания (В2 – В4), 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.**

**В2** Снаряд, летящий с некоторой скоростью, разрывается на два осколка. Первый осколок летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению со скоростью 50 м/с, а второй – под углом  $30^\circ$  со скоростью 100 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

**В3** В теплоизолированный сосуд с большим количеством льда при температуре  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  заливают  $m = 1$  кг воды с температурой  $t_2 = 44^\circ\text{C}$ . Какая масса льда  $\Delta m$  расплывется при установлении теплового равновесия в сосуде? Ответ выразите в граммах.

- В4** По параллельным проводникам  $bc$  и  $ad$ , находящимся в магнитном поле с индукцией  $B$ , со скоростью  $v = 1$  м/с скользит проводящий стержень  $MN$ , который находится в контакте с проводниками (см. рисунок). Расстояние между проводниками  $l = 20$  см. Между проводниками подключен резистор сопротивлением  $R = 2$  Ом. Сопротивление стержня и проводников пренебрежимо мало. При движении стержня по резистору  $R$  течет ток  $I = 40$  мА. Какова индукция магнитного поля?



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

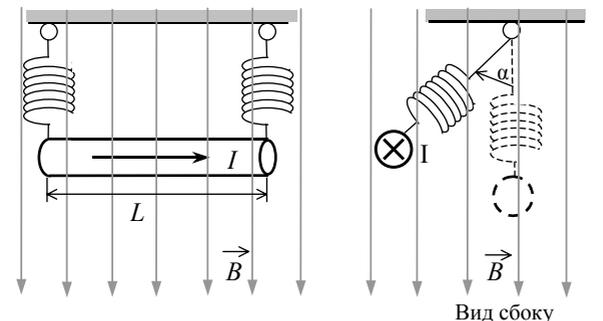
### Часть 3

Задания C1 – C5 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Полное правильное решение каждой задачи должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численными ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение. 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** Тело, свободно падающее с некоторой высоты без начальной скорости, за время  $\tau = 1$  с после начала движения проходит путь в  $n = 5$  раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найдите полное время движения.

- C2** В горизонтально расположенной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещен столбик ртути длиной 15 см, который отделяет воздух в трубке от атмосферы. Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз и нагрели на 60 К. При этом объем, занимаемый воздухом, не изменился. Давление атмосферы в лаборатории – 750 мм рт.ст. Какова температура воздуха в лаборатории?

- C3** По прямому горизонтальному проводнику длиной 1 м с площадью поперечного сечения  $1,25 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>, подвешенному с помощью двух одинаковых невесомых пружинок жесткостью 100 Н/м, течет ток  $I = 10$  А (см. рисунок). Какой угол  $\alpha$  составляют оси пружинок с вертикалью при включении вертикального магнитного поля с индукцией  $B = 0,1$  Тл, если абсолютное удлинение каждой из пружинок при этом составляет  $7 \cdot 10^{-3}$  м? (Плотность материала проводника  $8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>).



- C4** В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности  $I_m = 5$  мА, а амплитуда напряжения на конденсаторе  $U_m = 2,0$  В. В момент времени  $t$  напряжение на конденсаторе равно 1,2 В. Найдите силу тока в катушке в этот момент.

- C5** Образец, содержащий радий, за 1 с испускает  $3,7 \cdot 10^{10}$   $\alpha$ -частиц. За 1 ч выделяется энергия 100 Дж. Каков средний импульс  $\alpha$ -частиц? Масса  $\alpha$ -частиц равна  $6,7 \cdot 10^{-27}$  кг. Энергией отдачи ядер,  $\gamma$ -излучением и релятивистским эффектами пренебречь.