

# Тренировочная работа № 7

по ФИЗИКЕ

11 класс

Вариант № 1

Район \_\_\_\_\_

Город (населенный пункт) \_\_\_\_\_

Школа \_\_\_\_\_

Класс \_\_\_\_\_

Фамилия \_\_\_\_\_

Имя \_\_\_\_\_

Отчество \_\_\_\_\_

## Инструкция по выполнению работы

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

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

Часть 2 содержит 5 заданий (В1–В5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий В1 и В2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий В3–В5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (С1–С6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий В3–В5 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           | $10^9$    | 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 К = - 273°C                       |
| атомная единица массы                | 1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг |
| 1 атомная единица массы эквивалентна | 931,5 МэВ                           |
| 1 электронвольт                      | 1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ 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 кг/м <sup>3</sup>   |
|-------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|
| воды              | 1000 кг/м <sup>3</sup> | алюминия            | 2700 кг/м <sup>3</sup>  |
| древесины (сосна) | 400 кг/м <sup>3</sup>  | железа              | 7800 кг/м <sup>3</sup>  |
| керосина          | 800 кг/м <sup>3</sup>  | ртути               | 13600 кг/м <sup>3</sup> |

## Удельная теплоемкость

|        |  |          |               |
|--------|--|----------|---------------|
| воды   | $4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | алюминия | 900 Дж/(кг·К) |
| льда   | $2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | меди     | 380 Дж/(кг·К) |
| железа | 640 Дж/(кг·К)  | чугуна   | 500 Дж/(кг·К) |
| свинца | 130 Дж/(кг·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  $10^5$  Па, температура  $0^\circ\text{C}$

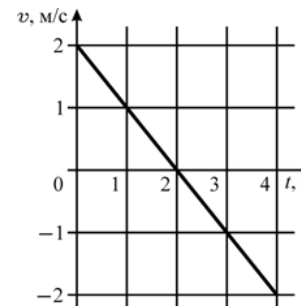
**Молярная масса**

|          |                            |                  |                            |
|----------|----------------------------|------------------|----------------------------|
| азота    | $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | кислорода        | $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль |
| аргона   | $40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | лития            | $6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  |
| водорода | $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  | молибдена        | $96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль |
| воздуха  | $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | неона            | $20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль |
| гелия    | $4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  | углекислого газа | $44 \cdot 10^{-3}$ 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** В момент времени  $t = 0$  маленькое тело начало равноускоренное движение вдоль оси  $Ox$  из точки  $x = 0$ , причем проекция его скорости на эту ось менялась со временем по закону  $v(t)$ , как показано на графике. На каком расстоянии от начальной точки тело оказалось в момент времени  $t = 4$  с?



- 1) 2 м                      2) 1 м                      3) 0 м                      4) -2 м

**A2** Искусственный спутник Земли движется по круговой орбите вне пределов земной атмосферы. Какие из приведенных ниже утверждений являются правильными? Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной.

- 1) На спутник действует сила притяжения, направленная к центру Земли.
- 2) Действующая на спутник со стороны Земли сила притяжения заставляет его двигаться с постоянной скоростью.
- 3) Движение спутника по круговой орбите происходит с постоянной по модулю скоростью.
- 4) Ускорение спутника все время направлено к центру Земли и постоянно по модулю.

- 1) только 1)
- 2) 1) и 2)
- 3) 1) , 2) и 4)
- 4) 1) , 3) и 4)

**A3** Верхний конец легкой вертикальной пружины закреплен, а к ее нижнему концу подвешивают грузы разной массы. Зависимость удлинения пружины  $\Delta x$  от массы  $m$  подвешенного груза приведена в таблице. Чему равен коэффициент жесткости этой пружины?

|                 |   |     |    |     |    |
|-----------------|---|-----|----|-----|----|
| $m$ , кг        | 0 | 0,5 | 1  | 1,5 | 2  |
| $\Delta x$ , см | 0 | 5   | 10 | 15  | 20 |

- 1) 1 Н/м                      2) 10 Н/м                      3) 100 Н/м                      4) 1000 Н/м

**A4** Тело массой 2 кг свободно движется вдоль оси  $Ox$  со скоростью 5 м/с. К телу приложили постоянную по модулю силу, направленную параллельно этой оси, в результате чего в течение 2 с его скорость уменьшилась до 1 м/с. Чему равна проекция этой силы на ось  $Ox$ ?

- 1) 2 Н                      2) 5 Н                      3) -4 Н                      4) -8 Н

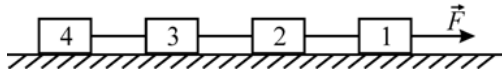
**A5** Груз массой 1 кг висел неподвижно на легкой вертикальной пружине, прикрепленной к потолку. Груз приподняли вверх на высоту 20 см от положения равновесия и отпустили без толчка. Какую работу совершит сила тяжести от момента отпущения до момента, когда груз после опускания вниз остановится?

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

**A6** Очень маленькая шайба совершает гармонические колебания, скользя по дну гладкой сферической чашки радиусом 25,6 см, находящейся в поле силы тяжести Земли. Чему равен период этих колебаний?

- 1)  $\approx 0,5$  с                      2)  $\approx 1,0$  с                      3)  $\approx 1,5$  с                      4)  $\approx 2,0$  с

**A7** Четыре бруска одинаковой массы, связанные горизонтальными невесомыми нерастяжимыми нитями, движутся по гладкой горизонтальной плоскости под действием силы  $F$ , как показано на рисунке. Чему равно отношение сил натяжения нитей, одна из которых находится между первым и вторым, а другая – между третьим и четвертым брусками?



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

**A8** Некоторое количество идеального одноатомного газа находится в закрытом сосуде постоянного объема. В результате нагревания сосуда давление в нем увеличилось в 3 раза. Во сколько раз изменилась при этом средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа?

- 1) не изменилась  
2) увеличилась в  $5/3$  раза  
3) увеличилась в  $3/2$  раза  
4) увеличилась в 3 раза

**A9** В большом закрытом сосуде на электроплитке стоит колба с водой. Вода кипит. Какой из приведенных ниже выводов можно сделать из данного наблюдения?

- 1) Температура воды равна  $100^\circ\text{C}$ .  
2) Температура воды равна  $100^\circ\text{C}$ , а давление внутри сосуда – атмосферное.  
3) Давление внутри сосуда равно давлению насыщенных паров воды при той температуре, какую имеет вода в колбе.  
4) Давление внутри сосуда равно атмосферному.

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

**A10** Кусок железа нагрели докрасна и положили на наковальню. Он будет остывать благодаря

- 1) теплопроводности железа, наковальни и воздуха.  
2) тепловому излучению железа.  
3) теплоотдаче через конвекцию в воздухе.  
4) всем трем упомянутым выше видам теплопередачи.

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

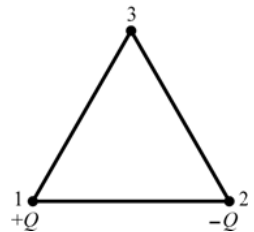
**A11** В двух сосудах одинакового объема, соединенных трубкой с закрытым краем, находятся при одинаковой температуре гелий и аргон, которые можно считать идеальными газами. Известно, что внутренняя энергия аргона вдвое больше внутренней энергии гелия. В какую сторону направится поток газа по трубке, если открыть кран?

- 1) потока газа не будет  
2) поток будет направлен из сосуда с гелием в сосуд с аргонем  
3) поток будет направлен из сосуда с аргонем в сосуд с гелием  
4) будет наблюдаться перемешивание газов только за счет диффузии

**A12** Температура тела, использующегося идеальной тепловой машиной Карно в качестве нагревателя, равна  $727^\circ\text{C}$ , а разность температур нагревателя и тела, использующегося этой машиной в качестве холодильника, равна 600 К. Какое количество теплоты за один цикл работы машины передается холодильнику, если нагреватель за один цикл передает рабочему телу количество теплоты, равное 1 кДж?

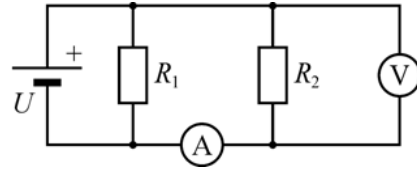
- 1) 200 Дж                      2) 300 Дж                      3) 400 Дж                      4) 600 Дж

**A13** В вершине 1 равностороннего треугольника находится положительный точечный заряд  $+Q$ , а в вершине 2 – отрицательный точечный заряд  $-Q$  (см. рисунок). Точка 3 – третья вершина этого треугольника. Куда направлен в точке 3 вектор напряженности электростатического поля, создаваемого зарядами?



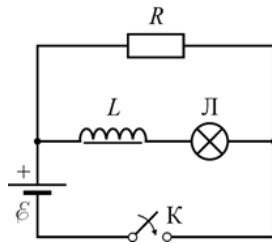
- 1) параллельно линии 1–2 направо ( $\rightarrow$ )  
2) параллельно линии 1–2 налево ( $\leftarrow$ )  
3) перпендикулярно линии 1–2 вверх ( $\uparrow$ )  
4) перпендикулярно линии 1–2 вниз ( $\downarrow$ )

**A14** На рисунке показана схема электрической цепи. Амперметр, вольтметр и батарейка – идеальные. Напряжение батарейки  $U = 3\text{ В}$ , сопротивления резисторов  $R_1 = 1\text{ кОм}$ ,  $R_2 = 100\text{ Ом}$ . Какое напряжение  $V$  показывает вольтметр и какой ток  $I$  фиксирует амперметр?



- 1) 1 В, 10 мА
- 2) 3 В, 20 мА
- 3) 3 В, 30 мА
- 4) 4 В, 25 мА

**A15** В цепи, схема которой изображена на рисунке, катушка имеет большую индуктивность  $L$ . После замыкания ключа  $K$



- 1) лампа Л сразу ярко загорится
- 2) лампа Л сначала ярко вспыхнет, а потом будет гореть с постоянным накалом
- 3) лампа Л будет сначала постепенно разгораться, а потом будет гореть с постоянным накалом
- 4) лампа Л гореть не будет

**A16** Замкнутый контур состоит из конденсатора емкостью  $1\text{ мкФ}$  и катушки с индуктивностью  $10\text{ мГн}$ . В начальный момент времени конденсатор заряжен до некоторого напряжения, а ток в контуре не течет. Через какой минимальный промежуток времени ток в контуре достигнет максимального значения?

- 1)  $\approx 1,6 \cdot 10^{-4}\text{ с}$
- 2)  $\approx 3,1 \cdot 10^{-4}\text{ с}$
- 3)  $\approx 2,4 \cdot 10^{-4}\text{ с}$
- 4)  $\approx 6,3 \cdot 10^{-4}\text{ с}$

**A17** Тонкая линза с оптической силой  $+5\text{ дптр}$  дает действительное изображение предмета на расстоянии  $40\text{ см}$  от плоскости линзы. На каком расстоянии от линзы находится предмет?

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

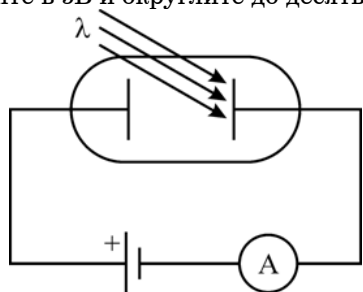
**A18** Межзвездный космический корабль летит с околосветовой скоростью. Наблюдатель на корабле рассматривает звезды и измеряет скорость пришедших от них световых волн. Оказывается, что

- 1) скорость света, пришедшего от тех звезд, которые находятся впереди по ходу движения корабля, больше скорости света в неподвижной системе отсчета
- 2) скорость света, пришедшего от тех звезд, которые находятся позади по ходу движения корабля, меньше скорости света в неподвижной системе отсчета
- 3) скорость света, пришедшего от тех звезд, которые находятся впереди по ходу движения корабля, больше скорости света в неподвижной системе отсчета, а от тех, которые находятся позади – меньше
- 4) скорость света, пришедшего от тех звезд, которые находятся впереди по ходу движения корабля, и от тех, которые находятся позади, одинакова и равна скорости света в неподвижной системе отсчета

**A19** Плоский конденсатор емкостью  $C = 1000\text{ пФ}$  зарядили до напряжения  $U = 1000\text{ В}$  и отсоединили от источника питания. Затем в него вставили пластину из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 2$ , занимающую весь объем конденсатора. Как и во сколько раз при этом изменилась энергия конденсатора?

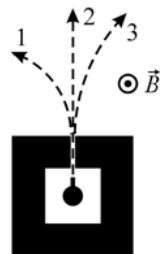
- 1) энергия не изменилась
- 2) энергия уменьшилась в 2 раза
- 3) энергия увеличилась в 2 раза
- 4) энергия увеличилась в 4 раза

**A20** При изучении фотоэффекта при помощи установки, схема которой изображена на рисунке, оказалось, что ток в цепи прекращается, когда длина волны света, падающего на катод, сделанный из некоторого металла, превышает 5000 А. Чему равна работа выхода электрона из этого металла? Ответ выразите в эВ и округлите до десятых.



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

**A21** Радиоактивный источник помещен в контейнер с узким отверстием, из которого выходит излучение. После помещения контейнера в однородное магнитное поле, вектор индукции которого направлен так, как показано на рисунке, оказалось, что пучок разделился на три части – 1, 2 и 3. Укажите, какие виды радиоактивных излучений соответствуют этим номерам.



- 1)  $\beta, \alpha, \gamma$                       2)  $\alpha, \gamma, \beta$                       3)  $\beta, \gamma, \alpha$                       4)  $\gamma, \alpha, \beta$

**A22** При взрыве некоторой сверхновой звезды 4,5 миллиарда лет назад образовался изотоп урана  ${}^{238}_{92}\text{U}$ . К настоящему времени число атомов этого изотопа в остатках взрыва составляет 50% от исходного. Чему равен период полураспада изотопа  ${}^{238}_{92}\text{U}$ ?

- 1)  $4,5 \cdot 10^9$  лет  
 2)  $9 \cdot 10^9$  лет  
 3)  $2,25 \cdot 10^9$  лет  
 4)  $6,5 \cdot 10^9$  лет

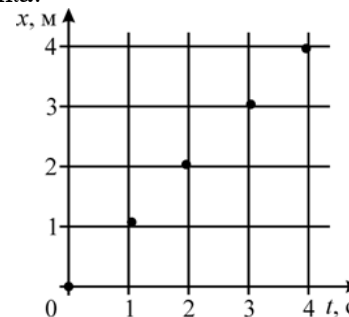
**A23** Предположим, что в результате развития нанотехнологий удалось создать дифракционную решетку с периодом 10 нм. В вакуумной камере на эту решетку направили в перпендикулярном направлении узкий пучок электронов, летящих со скоростью 1000 км/с. На каком расстоянии от оси пучка будет наблюдаться первый дифракционный максимум на экране, параллельном решетке и находящемся за ней на удалении 10 см?

- 1)  $\approx 3\text{мм}$                       2)  $\approx 7\text{мм}$                       3)  $\approx 11\text{мм}$                       4)  $\approx 9\text{мм}$

**A24** В системе СИ единица измерения, равная 1 Веберу в секунду, называется

- 1) Кулон                      2) Ампер                      3) Генри                      4) Вольт

**A25** На графике показаны экспериментально полученные точки, характеризующие положение маленького тела на оси OX в разные моменты времени. Какие выводы о движении этого тела можно сделать на основании этого графика?



- 1) тело движется равномерно, без остановок, со скоростью 1м/с  
 2) средняя скорость тела на всем пути равна 1м/с  
 3) средняя скорость тела на всем пути равна 1м/с, но характер движения тела между указанными на графике точками установить нельзя  
 4) ускорение тела все время равно нулю

## 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 каких-либо символов начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

- В1** В воздухе над поверхностью воды в бассейне установлен динамик, излучающий звук определенной частоты. Часть звуковой волны отражается от воды, а часть преломляется и проходит в воду, где скорость звука больше, чем в воздухе. Как при этом переходе звука из воздуха в воду изменяются перечисленные в первом столбце физические величины, характеризующие звуковую волну?

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**      **ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| А) амплитуда звуковой волны | 1) увеличивается |
| Б) частота звука            | 2) уменьшается   |
| В) длина волны звука        | 3) не изменяется |

Ответ:

|                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| А                    | Б                    | В                    |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

- В2** Установите соответствие между физическими моделями и физическими явлениями, для описания которых могут использоваться эти модели: для каждой физической модели укажите один номер соответствующего физического явления.

**ФИЗИЧЕСКАЯ  
МОДЕЛЬ**

- А) тонкая линза  
Б) нуклонная модель ядра

**ФИЗИЧЕСКОЕ ЯВЛЕНИЕ**

- 1) ядерные реакции  
2) отражение света от сферической поверхности  
3) линейчатые спектры излучения  
4) преломление света на сферических поверхностях

Ответ:

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| А                    | Б                    |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |

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 горизонтальном столе лежит брусок массой 2,5 кг. В него попала и застряла пуля массой 10 г, летевшая горизонтально со скоростью 500 м/с. Чему равен коэффициент трения скольжения бруска о стол, если после попадания пули брусок сдвинулся по столу на расстояние 1 м и остановился? Ответ округлите до десятых долей.

Ответ:

- В4** В закрытом сосуде кубической формы объемом  $0,216 \text{ м}^3$  находится 1 моль идеального одноатомного газа. Среднеквадратичная скорость молекул газа равна 420 м/с. Сколько ударов молекул об одну стенку сосуда происходит в среднем за одну секунду? Ответ умножьте на  $10^{-25}$ .

Ответ:

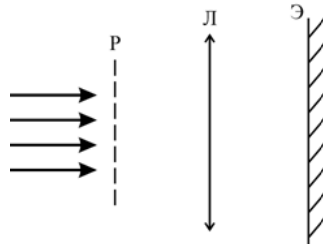
- В5** Из тонкого провода изготовлено круглое кольцо радиусом  $r = 10 \text{ см}$  и сопротивлением  $R = 0,05 \text{ Ом}$ . Кольцо помещено в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости кольца. Индукция магнитного поля увеличивается со временем по закону  $B = at$ , где  $a = 0,5 \text{ Тл/с}$ . Чему равна сила тока, текущего по кольцу? Ответ выразите в А, округлив до десятых долей.

Ответ:

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** За дифракционной решеткой Р параллельно ей расположена тонкая собирающая линза Л, в фокальной плоскости которой находится экран Э. На решетку нормально падает параллельный пучок видимого белого света. Как выглядит дифракционная картина на экране? Опишите, **как и почему** будут изменяться:



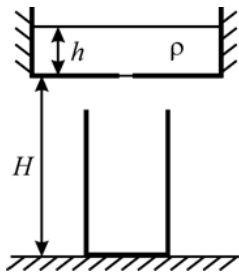
- А) цвет;
- Б) расположение;
- В) количество наблюдаемых на экране дифракционных максимумов;

при последовательном выполнении следующих действий:

- 1) Перед дифракционной решеткой поставили синий светофильтр (стеклянную пластинку, пропускающую только синий свет).
- 2) Синий светофильтр заменили на красный светофильтр.
- 3) Не убирая красный светофильтр, заменили использовавшуюся дифракционную решетку на другую, период которой больше.

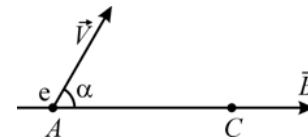
Считать, что весь прошедший через решетку свет попадает сначала на линзу, а затем – на экран.

**C2** На столе стоит пустой цилиндрический сосуд с горизонтальным дном площадью  $S_1 = 200 \text{ см}^2$ . Над ним закреплен второй цилиндрический сосуд с горизонтальным дном площадью  $S_2 = 1000 \text{ см}^2$ . Дно верхнего сосуда расположено на высоте  $H = 1,2 \text{ м}$  над уровнем дна нижнего сосуда. В верхний сосуд налита вода плотностью  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  до уровня  $h = 10 \text{ см}$  над его дном. В дне верхнего сосуда открывают отверстие, в результате чего вся вода, не растекаясь по дну верхнего сосуда и не разбрызгиваясь, перетекает в нижний сосуд, и затем вода приходит в состояние покоя. Какое при этом выделяется количество теплоты?

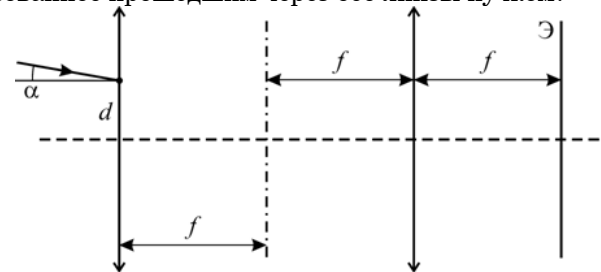


**C3** В сосуде под поршнем находится  $m = 6 \text{ г}$  идеального одноатомного газа. Среднеквадратичная скорость его атомов равна  $u = 500 \text{ м/с}$ . После того, как этот газ медленно расширился при постоянном давлении, среднеквадратичная скорость его атомов возросла в  $n = 1,5$  раза. Какую работу совершил газ в данном процессе?

**C4** Электрон, движущийся со скоростью  $V = 0,01 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме), влетает в точке А в постоянное однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1 \text{ Тл}$  под углом  $\alpha = 60^\circ$  к линии магнитной индукции. Через некоторое время электрон снова пересекает ту же самую линию магнитной индукции, оказавшись в точке С. Чему равно расстояние между точками А и С?



**C5** Две одинаковые тонкие собирающие линзы с фокусным расстоянием  $f = 10 \text{ см}$  каждая расположены на расстоянии  $2f = 20 \text{ см}$  друг от друга так, что их главные оптические оси совпадают. На одну из линз на расстоянии  $d = 0,5 \text{ см}$  от главной оптической оси падает узкий параллельный пучок света, идущий под углом  $\alpha = 0,05 \text{ рад}$  к главной оптической оси. За второй линзой в ее фокальной плоскости расположен экран Э. На каком расстоянии от главной оптической оси будет находиться на экране световое пятно, образованное прошедшим через обе линзы пучком?



**C6** Найдите энергию, которая выделяется при протекании ядерной реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ . Относительные атомные массы изотопов ядер, участвующих в реакции, приведены в таблице. Массу нейтрона можно считать равной  $1,00866 \text{ а.е.м.}$  Результат выразите в МэВ.

| Изотоп            | Масса нейтрального атома, а.е.м. |
|-------------------|----------------------------------|
| ${}^2_1\text{H}$  | 2,01410                          |
| ${}^8_4\text{Be}$ | 8,00531                          |
| ${}^7_3\text{Li}$ | 7,01601                          |



# Тренировочная работа № 7

по ФИЗИКЕ

11 класс

Вариант № 2

Район \_\_\_\_\_

Город (населенный пункт) \_\_\_\_\_

Школа \_\_\_\_\_

Класс \_\_\_\_\_

Фамилия \_\_\_\_\_

Имя \_\_\_\_\_

Отчество \_\_\_\_\_

## Инструкция по выполнению работы

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

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

Часть 2 содержит 5 заданий (В1–В5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий В1 и В2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий В3–В5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (С1–С6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий В3–В5 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           | $10^9$    | 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 К = - 273°C                       |
| атомная единица массы                | 1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг |
| 1 атомная единица массы эквивалентна | 931,5 МэВ                           |
| 1 электронвольт                      | 1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ 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 кг/м <sup>3</sup>   |
|-------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|
| воды              | 1000 кг/м <sup>3</sup> | алюминия            | 2700 кг/м <sup>3</sup>  |
| древесины (сосна) | 400 кг/м <sup>3</sup>  | железа              | 7800 кг/м <sup>3</sup>  |
| керосина          | 800 кг/м <sup>3</sup>  | ртути               | 13600 кг/м <sup>3</sup> |

## Удельная теплоемкость

|        |  |          |               |
|--------|--|----------|---------------|
| воды   | $4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | алюминия | 900 Дж/(кг·К) |
| льда   | $2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ | меди     | 380 Дж/(кг·К) |
| железа | 640 Дж/(кг·К)  | чугуна   | 500 Дж/(кг·К) |
| свинца | 130 Дж/(кг·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  $10^5$  Па, температура  $0^\circ\text{C}$

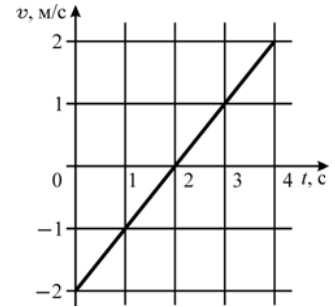
**Молярная масса**

|          |                            |                  |                            |
|----------|----------------------------|------------------|----------------------------|
| азота    | $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | кислорода        | $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль |
| аргона   | $40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | лития            | $6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  |
| водорода | $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  | молибдена        | $96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль |
| воздуха  | $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | неона            | $20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль |
| гелия    | $4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  | углекислого газа | $44 \cdot 10^{-3}$ 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** В момент времени  $t = 0$  маленькое тело начало равноускоренное движение вдоль оси OX из точки  $x = 0$ , причем проекция его скорости на эту ось менялась со временем по закону  $v(t)$ , как показано на графике. На каком расстоянии от начальной точки тело оказалось в момент времени  $t = 4$  с?



- 1) -2 м                      2) -1 м                      3) 0 м                      4) 1 м

**A2** Шарик, подвешенный на нити к потолку, толкнули так, что он стал вращаться с постоянной по модулю скоростью в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через точку подвеса. Какие из приведенных ниже утверждений являются правильными?

- 1) Шарик движется по окружности.
  - 2) Равнодействующая приложенных к шарiku сил направлена к центру этой окружности.
  - 3) Ускорение шарика постоянно по модулю и меняется по направлению.
  - 4) Ускорение шарика равно нулю.
- 1) только 1)  
 2) 1) и 2)  
 3) 1) и 4)  
 4) 1), 2) и 3)

**A3** Верхний конец легкой вертикальной пружины закреплен, а к ее нижнему концу прикладывают направленную вниз силу разной величины. Зависимость удлинения пружины  $\Delta x$  от модуля  $F$  этой силы приведена в таблице. Чему равен коэффициент жесткости этой пружины?

|                 |   |     |    |     |    |
|-----------------|---|-----|----|-----|----|
| $F$ , Н         | 0 | 0,5 | 1  | 1,5 | 2  |
| $\Delta x$ , см | 0 | 5   | 10 | 15  | 20 |

- 1) 1 Н/м                      2) 10 Н/м                      3) 100 Н/м                      4) 1000 Н/м

**A4** На тело, свободно двигавшееся вдоль оси  $Ox$  со скоростью 2 м/с, начала действовать постоянная по модулю сила 3 Н, направленная параллельно этой оси. Через 1 с скорость тела увеличилась до 5 м/с. Какова масса этого тела?

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

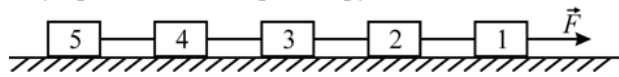
**A5** Груз массой 1 кг висел неподвижно на легкой вертикальной пружине, прикрепленной к потолку. Его подняли вверх на высоту 20 см от положения равновесия и отпустили без толчка. На сколько изменится потенциальная энергия пружины от момента отпускания до момента, когда груз после опускания вниз остановится?

- 1) не изменится  
2) увеличится на 4 Дж  
3) увеличится на 2 Дж  
4) уменьшится на 1 Дж

**A6** Груз массой 0,5 кг, подвешенный на легкой вертикальной пружине, совершает гармонические колебания с периодом 1 с. Чему равен коэффициент жесткости этой пружины?

- 1)  $\approx 10$  Н/м                      2)  $\approx 20$  Н/м                      3)  $\approx 40$  Н/м                      4)  $\approx 64$  Н/м

**A7** Пять брусков одинаковой массы, связанные горизонтальными невесомыми нерастяжимыми нитями, движутся по гладкой горизонтальной плоскости под действием силы  $F$ , как показано на рисунке. Чему равно отношение сил натяжения нитей, одна из которых находится между первым и вторым, а другая – между третьим и четвертым брусками?



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

**A8** Некоторое количество идеального одноатомного газа находится в закрытом сосуде постоянного объема. В результате нагревания сосуда средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа увеличилась в 2 раза. Во сколько раз изменилось при этом давление в сосуде?

- 1) не изменилось  
2) увеличилось в 2 раза  
3) увеличилось в 3/2 раза  
4) увеличилось в 3 раза

**A9** На примусе в палатке альпинистов, установленной на большой высоте в горах, нагревается чайник с водой. Вода закипит, когда

- 1) ее температура станет равной 100 °С.  
2) давление насыщенных паров воды внутри пузырьков газа в воде станет равным атмосферному давлению на той высоте, где находятся альпинисты  
3) ее температура станет равной 80 °С  
4) чайник нагреется до очень высокой температуры

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

**A10** Кусок железа нагрели до бела и поместили на теплоизолирующую подставку в сосуде, который быстро откачали до состояния вакуума. Он будет остывать благодаря

- 1) теплопроводности внутри куска железа  
2) тепловому излучению с поверхности железа  
3) конвекции  
4) первым двум упомянутым выше видам теплопередачи

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

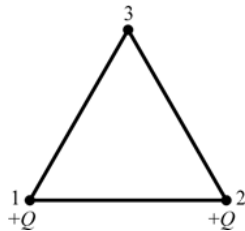
**A11** В двух сосудах одинакового объема, соединенных трубкой с закрытым краном, находились при одинаковой температуре гелий и неон, которые можно считать идеальными газами. Известно, что когда открыли кран, поток газа по трубке направился из сосуда с гелием в сосуд с неоном. Внутренняя энергия какого газа – гелия или неона – была больше до открывания крана?

- 1) гелия  
2) неона  
3) внутренние энергии газов были равны  
4) однозначно ответить нельзя

**A12** КПД идеальной тепловой машины Карно равен 60%. Какое количество теплоты за один цикл работы машины передается рабочему телу от нагревателя, если за один цикл оно передает холодильнику количество теплоты, равное 400 Дж?

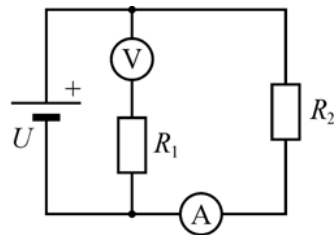
- 1) 1200 Дж                      2) 1000 Дж                      3) 800 Дж                      4) 600 Дж

**A13** В вершинах 1 и 2 равностороннего треугольника находятся одинаковые положительные точечные заряды  $+Q$  (см. рисунок). Точка 3 – третья вершина этого треугольника. Куда направлен в точке 3 вектор напряженности электростатического поля, создаваемого зарядами?



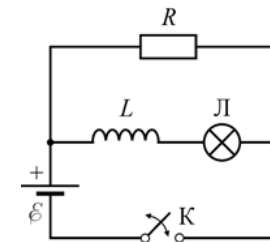
- 1) параллельно линии 1–2 направо ( $\rightarrow$ )
- 2) параллельно линии 1–2 налево ( $\leftarrow$ )
- 3) перпендикулярно линии 1–2 вверх ( $\uparrow$ )
- 4) перпендикулярно линии 1–2 вниз ( $\downarrow$ )

**A14** На рисунке показана схема электрической цепи. Амперметр, вольтметр и батарейка – идеальные. Напряжение батарейки  $U = 1,5$  В, сопротивления резисторов  $R_1 = 3$  кОм,  $R_2 = 50$  Ом. Какое напряжение  $U$  показывает вольтметр и какой ток  $I$  течет через амперметр?



- 1) 1 В, 10 мА
- 2) 1,5 В, 30 мА
- 3) 0,8 В, 15 мА
- 4) 1,5 В, 25 мА

**A15** В цепи, схема которой изображена на рисунке, ключ  $K$  вначале замкнули, а затем, спустя достаточно длительное время, разомкнули. После размыкания ключа  $K$



- 1) лампа  $L$  сразу погаснет
- 2) лампа  $L$  сначала ярко вспыхнет, а потом погаснет
- 3) лампа  $L$  будет постепенно гаснуть
- 4) лампа  $L$  гореть не будет ни сначала, ни потом

**A16** Замкнутый контур состоит из конденсатора емкостью  $10$  мкФ и катушки с индуктивностью  $1$  мГн. В начальный момент времени конденсатор не заряжен, а в контуре течет некоторый ток. Через какой минимальный промежуток времени напряжение на конденсаторе достигнет максимальной величины?

- 1)  $\approx 6,3 \cdot 10^{-4}$  с
- 2)  $\approx 3,1 \cdot 10^{-4}$  с
- 3)  $\approx 2,4 \cdot 10^{-4}$  с
- 4)  $\approx 1,6 \cdot 10^{-4}$  с

**A17** Тонкая линза с оптической силой  $+10$  дптр дает действительное изображение предмета, находящегося на расстоянии  $20$  см от плоскости линзы. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета?

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

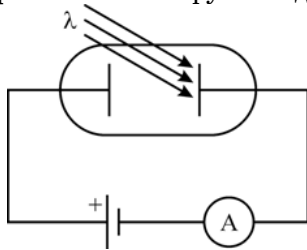
**A18** Принцип относительности Эйнштейна гласит, что

- 1) во всех инерциальных системах отсчета законы механики одинаковы
- 2) во всех инерциальных системах отсчета законы электродинамики одинаковы
- 3) все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета
- 4) во всех инерциальных системах отсчета законы термодинамики одинаковы

**A19** Плоский конденсатор емкостью  $C = 1000$  пФ зарядили до напряжения  $U = 1000$  В. Затем, не отсоединяя его от источника питания, вставили в конденсатор пластину из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$ , занимающую весь объем конденсатора. Как и во сколько раз при этом изменилась энергия конденсатора?

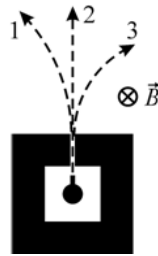
- 1) энергия не изменилась
- 2) энергия уменьшилась в 2 раза
- 3) энергия увеличилась в 2 раза
- 4) энергия увеличилась в 4 раза

**A20** При изучении фотоэффекта при помощи установки, схема которой изображена на рисунке, оказалось, что ток в цепи прекращается, если частота света, падающего на катод, сделанный из некоторого металла, становится меньше  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему равна работа выхода электрона из этого металла? Ответ выразите в эВ и округлите до десятых.



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

**A21** Радиоактивный источник помещен в контейнер с узким отверстием, из которого выходит излучение. После помещения контейнера в однородное магнитное поле, вектор индукции которого направлен так, как показано на рисунке, оказалось, что пучок разделился на три части – 1, 2 и 3. Укажите, какие виды радиоактивных излучений соответствуют этим номерам.



- 1)  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$
- 2)  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$
- 3)  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\alpha$
- 4)  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$

**A22** В протопланетном облаке, из которого образовалась наша Земля, 5 миллиардов лет назад находилось некоторое количество атомов изотопа  ${}_{92}^{235}\text{U}$  с периодом полураспада  $7 \cdot 10^8$  лет. Сколько процентов от этого количества их осталось к настоящему времени?

- 1)  $\approx 0,1\%$
- 2)  $\approx 0,3\%$
- 3)  $\approx 0,5\%$
- 4)  $\approx 0,7\%$

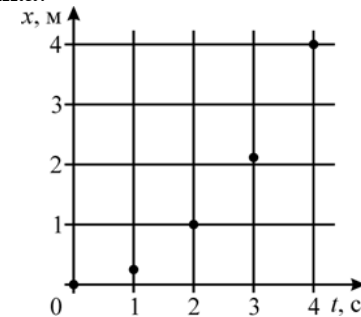
**A23** Предположим, что в результате развития нанотехнологий удалось создать дифракционную решетку с периодом 10 нм. В вакуумной камере на эту решетку направили в перпендикулярном направлении узкий пучок электронов. Первый дифракционный максимум на экране, параллельном решетке и находящемся за ней на удалении 20 см, наблюдается на расстоянии около 15 мм от оси пучка. Какова скорость электронов?

- 1)  $\approx 500$  км/с
- 2)  $\approx 1000$  км/с
- 3)  $\approx 1500$  км/с
- 4)  $\approx 2000$  км/с

**A24** В системе СИ единица измерения, равная  $1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^3$ , называется

- 1) Джоуль
- 2) Ватт
- 3) Ньютон
- 4) Ом

**A25** На графике показаны экспериментально полученные точки, характеризующие положение маленького тела на оси OX в разные моменты времени. Какие выводы о движении этого тела можно сделать на основании этого графика?



- 1) тело движется с постоянным ускорением
- 2) ускорение тела равно  $0,5 \text{ м/с}^2$
- 3) среднее ускорение тела равно  $0,5 \text{ м/с}^2$
- 4) среднее ускорение тела равно  $0,5 \text{ м/с}^2$ , но вывода о постоянстве ускорения из данных, приведенных на графике, сделать нельзя

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 каких-либо символов начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

**В1** Под поверхностью воды в бассейне установлен динамик, излучающий звук определенной частоты. Часть звуковой волны отражается от поверхности воды, а часть преломляется и проходит в воздух. Как при этом переходе звука из воды в воздух, где скорость звука меньше, чем в воде, изменяются перечисленные в первом столбце физические величины, характеризующие звуковую волну?

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**      **ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| А) частота звука            | 1) увеличивается |
| Б) амплитуда звуковой волны | 2) уменьшается   |
| В) длина волны звука        | 3) не изменяется |

Ответ: 

|   |   |   |
|---|---|---|
| А | Б | В |
|   |   |   |

**В2** Установите соответствие между физическими явлениями и устройствами, в которых используются или наблюдаются эти явления: для каждого физического явления укажите один соответствующий номер устройства.

**ФИЗИЧЕСКОЕ ЯВЛЕНИЕ**      **УСТРОЙСТВО**

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| А) цепная реакция деления ядер | 1) ускоритель заряженных частиц                   |
| Б) гамма-излучение             | 2) паровая турбина                                |
|                                | 3) двигательная установка атомной подводной лодки |
|                                | 4) дозиметр                                       |

Ответ: 

|   |   |
|---|---|
| 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 горизонтальном столе лежал брусок массой 1 кг. В него попала и застряла пуля массой 5 г, летевшая горизонтально. После попадания пули брусок сдвинулся по столу на расстояние 0,5 м и остановился. Коэффициент трения скольжения бруска о стол равен 0,4. Чему была равна скорость пули? Ответ округлите до сотен метров в секунду.

Ответ: 

|  |
|--|
|  |
|--|

**В4** В закрытом сосуде в виде куба с ребром длиной 0,6 м находится количество идеального одноатомного газа, равное 2 молям. За одну секунду в среднем происходит  $1,4 \cdot 10^{26}$  ударов молекул об одну стенку сосуда. Чему равна среднеквадратичная скорость молекул газа? Ответ выразите в м/с и округлите до сотен.

Ответ: 

|  |
|--|
|  |
|--|

**В5** Из тонкого провода изготовлено круглое кольцо радиусом  $r = 10$  см. Кольцо помещено в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости кольца. Индукция магнитного поля увеличивается со временем по закону  $B = at$ , где  $a = 0,5$  Тл/с. Сила тока, текущего по кольцу, равна 15,7 мА. Чему равно сопротивление кольца? Ответ выразите в Ом.

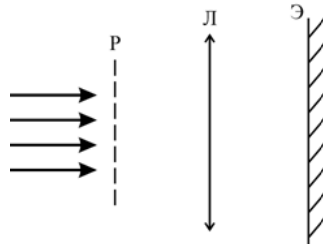
Ответ: 

|  |
|--|
|  |
|--|

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** За дифракционной решеткой Р параллельно ей расположена тонкая собирающая линза Л, в фокальной плоскости которой находится экран Э. На решетку нормально падает параллельный пучок видимого белого света. Как выглядит дифракционная картина на экране? Опишите, **как и почему** будут изменяться:

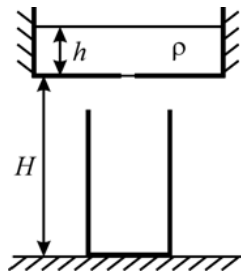


- А) цвет;
- Б) расположение;
- В) количество наблюдаемых на экране дифракционных максимумов;

при последовательном выполнении следующих действий:

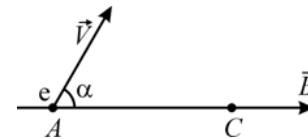
- 1) Перед дифракционной решеткой поставили синий светофильтр (стеклянную пластинку, пропускающую только синий свет).
  - 2) Синий светофильтр заменили на красный светофильтр.
  - 3) Не убирая красный светофильтр, заменили использовавшуюся дифракционную решетку на другую, период которой больше.
- Считать, что весь прошедший через решетку свет попадает сначала на линзу, а затем – на экран.

**C2** На столе стоит пустой цилиндрический сосуд с горизонтальным дном площадью  $S_1 = 200 \text{ см}^2$ . Над ним закреплен второй цилиндрический сосуд с горизонтальным дном площадью  $S_2 = 1000 \text{ см}^2$ . Дно верхнего сосуда расположено на высоте  $H = 1,2 \text{ м}$  над уровнем дна нижнего сосуда. В верхний сосуд налита вода плотностью  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  до уровня  $h = 10 \text{ см}$  над его дном. В дне верхнего сосуда открывают отверстие, в результате чего вся вода, не растекаясь по дну верхнего сосуда и не разбрызгиваясь, перетекает в нижний сосуд, и затем вода приходит в состояние покоя. Какое при этом выделяется количество теплоты?

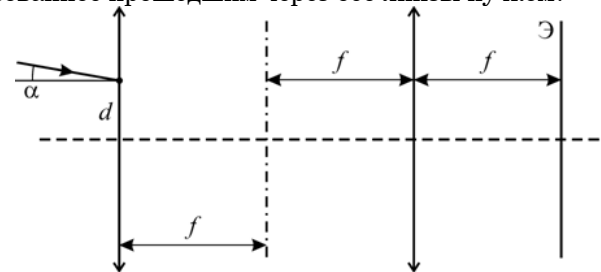


**C3** В сосуде под поршнем находится  $m = 6 \text{ г}$  идеального одноатомного газа. Среднеквадратичная скорость его атомов равна  $u = 500 \text{ м/с}$ . После того, как этот газ медленно расширился при постоянном давлении, среднеквадратичная скорость его атомов возросла в  $n = 1,5$  раза. Какую работу совершил газ в данном процессе?

**C4** Электрон, движущийся со скоростью  $V = 0,01 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме), влетает в точке А в постоянное однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1 \text{ Тл}$  под углом  $\alpha = 60^\circ$  к линии магнитной индукции. Через некоторое время электрон снова пересекает ту же самую линию магнитной индукции, оказавшись в точке С. Чему равно расстояние между точками А и С?



**C5** Две одинаковые тонкие собирающие линзы с фокусным расстоянием  $f = 10 \text{ см}$  каждая расположены на расстоянии  $2f = 20 \text{ см}$  друг от друга так, что их главные оптические оси совпадают. На одну из линз на расстоянии  $d = 0,5 \text{ см}$  от главной оптической оси падает узкий параллельный пучок света, идущий под углом  $\alpha = 0,05 \text{ рад}$  к главной оптической оси. За второй линзой в ее фокальной плоскости расположен экран Э. На каком расстоянии от главной оптической оси будет находиться на экране световое пятно, образованное прошедшим через обе линзы пучком?



**C6** Найдите энергию, которая выделяется при протекании ядерной реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ . Относительные атомные массы изотопов ядер, участвующих в реакции, приведены в таблице. Массу нейтрона можно считать равной  $1,00866 \text{ а.е.м.}$  Результат выразите в МэВ.

| Изотоп            | Масса нейтрального атома, а.е.м. |
|-------------------|----------------------------------|
| ${}^2_1\text{H}$  | 2,01410                          |
| ${}^8_4\text{Be}$ | 8,00531                          |
| ${}^7_3\text{Li}$ | 7,01601                          |



**Ответы к заданиям с выбором ответа**

| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|
| A1               | 3            |
| A2               | 4            |
| A3               | 3            |
| A4               | 3            |
| A5               | 4            |
| A6               | 2            |
| A7               | 3            |
| A8               | 4            |
| A9               | 3            |
| A10              | 4            |
| A11              | 3            |
| A12              | 3            |
| A13              | 1            |

| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|
| A14              | 3            |
| A15              | 3            |
| A16              | 1            |
| A17              | 4            |
| A18              | 4            |
| A19              | 2            |
| A20              | 3            |
| A21              | 3            |
| A22              | 1            |
| A23              | 2            |
| A24              | 4            |
| A25              | 3            |

**Ответы к заданиям с кратким ответом**

| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|
| B1               | 231          |
| B2               | 41           |
| B3               | 0,2          |

| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|
| B4               | 7            |
| B5               | 0,3          |

**Ответы к заданиям с выбором ответа**

| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|
| A1               | 3            |
| A2               | 4            |
| A3               | 2            |
| A4               | 2            |
| A5               | 2            |
| A6               | 2            |
| A7               | 2            |
| A8               | 2            |
| A9               | 2            |
| A10              | 4            |
| A11              | 1            |
| A12              | 2            |
| A13              | 3            |

| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|
| A14              | 2            |
| A15              | 2            |
| A16              | 4            |
| A17              | 2            |
| A18              | 3            |
| A19              | 3            |
| A20              | 2            |
| A21              | 2            |
| A22              | 4            |
| A23              | 2            |
| A24              | 2            |
| A25              | 4            |

**Ответы к заданиям с кратким ответом**

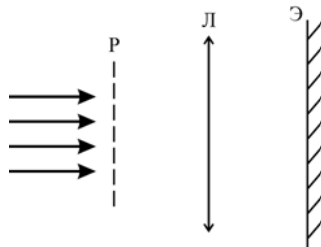
| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|
| B1               | 322          |
| B2               | 34           |
| B3               | 400          |

| <b>№ задания</b> | <b>Ответ</b> |
|------------------|--------------|
| B4               | 400          |
| B5               | 1            |

**Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом**

**C1**

За дифракционной решеткой Р параллельно ей расположена тонкая собирающая линза Л, в фокальной плоскости которой находится экран Э. На решетку падает параллельный пучок видимого белого света. Как выглядит дифракционная картина на экране? Опишите, **как и почему** будут изменяться:



А) цвет;  
 Б) расположение;  
 В) количество наблюдаемых на экране дифракционных максимумов;  
 при последовательном выполнении следующих действий:

- 1) Перед дифракционной решеткой поставили синий светофильтр (стеклянную пластинку, пропускающую только синий свет).
  - 2) Синий светофильтр заменили на красный светофильтр.
  - 3) Не убирая красный светофильтр, заменили использовавшуюся дифракционную решетку на другую, период которой больше.
- Считать, что весь прошедший через решетку свет попадает сначала на линзу, а затем – на экран.

**Образец возможного решения**

При нормальном падении на дифракционную решетку с периодом  $d$  света с длиной волны  $\lambda$  за решеткой будут наблюдаться дифракционные максимумы. Условие образования максимума имеет вид:  $d \sin \varphi = m\lambda$ , где  $d$  – период решетки,  $m$  – номер дифракционного максимума,  $\varphi$  – угол, под которым (по отношению к нормали решетки) распространяются параллельные лучи, образующие этот максимум. Собирающая линза необходима для того, чтобы получить изображение дифракционных максимумов на экране (в отсутствие линзы дифракционная картина находится в бесконечности, поскольку формируется параллельными лучами). Из записанной формулы видно, что при заданном  $m$  для разных длин волн углы, под которыми будут видны дифракционные максимумы, будут различными. Поэтому белый свет после прохождения через решетку разложится в спектр, и на экране получится набор радужных полос. В центральной части экрана (при  $m = 0$ ) для всех длин волн будут получаться дифракционные максимумы. Эти максимумы наложатся друг на друга, в результате чего в центре дифракционной картины получится узкая белая полоса (она называется ахроматической).

Если поставить перед дифракционной решеткой синий светофильтр, то падающий на решетку свет станет близким к монохроматическому, и спектр будет состоять из набора синих полос: центральной ( $m = 0$ ) и боковых ( $m = \pm 1, \pm 2, \dots$ ). Число этих боковых полос (с каждой стороны от центральной полосы) будет определяться из условия  $\sin \varphi = m\lambda / d \leq 1$ , откуда  $|m| \leq d / \lambda$ .

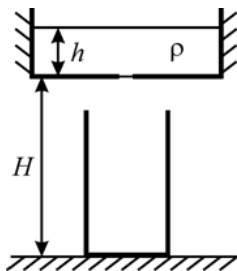
При замене синего светофильтра на красный свет, падающий на решетку, останется близким к монохроматическому, но длина волны света увеличится. При этом спектр будет состоять из набора красных полос, но из-за того, что углы дифракции  $\varphi$  возрастут, боковые полосы отодвинутся дальше от центральной полосы. Кроме того может уменьшиться число видимых на экране дифракционных максимумов.

Если теперь, не трогая светофильтр, заменить использовавшуюся дифракционную решетку на другую, период которой больше, то цвет дифракционных максимумов не изменится. При этом углы дифракции  $\varphi$  уменьшатся, и боковые полосы сместятся ближе к центральной полосе. Кроме того, может увеличиться число видимых на экране дифракционных максимумов.

| Содержание критерия   | Баллы |
|---|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>описание вида исходной дифракционной картины и ее последующих изменений</i> ), и дано полное верное объяснение причин наблюдаемых эффектов со ссылкой на необходимые физические законы и явления (в данном случае – <i>на условии возникновения максимумов в дифракционной картине, получаемой при помощи дифракционной решетки, и следствия из этого условия</i> ).   | 3     |
| — Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следующих недостатков:<br>— В объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы.<br>ИЛИ<br>— Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты.<br>ИЛИ<br>— Недостаточно полно описаны существенные черты физических явлений, понимание которых необходимо для полного правильного решения. | 2     |
| — Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:<br>— Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ.<br>ИЛИ<br>— Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан.<br>ИЛИ<br>— Представлен только правильный ответ без обоснований.   | 1     |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, разрозненные записи и т.п.).   | 0     |

**C2**

На столе стоит пустой цилиндрический сосуд с горизонтальным дном площадью  $S_1 = 200 \text{ см}^2$ . Над ним закреплен второй цилиндрический сосуд с горизонтальным дном площадью  $S_2 = 1000 \text{ см}^2$ . Дно верхнего сосуда расположено на высоте  $H = 1,2 \text{ м}$  над уровнем дна нижнего сосуда. В верхний сосуд налита вода плотностью  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  до уровня  $h = 10 \text{ см}$  над его дном. В дне верхнего сосуда открывают отверстие, в результате чего вся вода, не растекаясь по дну верхнего сосуда и не разбрызгиваясь, перетекает в нижний сосуд, и затем вода приходит в состояние покоя. Какое при этом выделяется количество теплоты?



**Образец возможного решения**

Будем определять потенциальную энергию в поле силы тяжести относительно дна нижнего сосуда. Тогда в исходном состоянии (до перетекания) вода массой  $m$  имела потенциальную энергию  $E_1 = mg\left(H + \frac{h}{2}\right)$ . В конечном состоянии (после перетекания)

потенциальная энергия воды была равна  $E_2 = \frac{mgh_1}{2}$ , где  $h_1$  – высота уровня воды в первом сосуде после перетекания. Из закона изменения механической энергии следует, что при перетекании выделилось количество теплоты, равное

$Q = E_1 - E_2 = mg\left(H + \frac{1}{2}(h - h_1)\right)$ . Поскольку объем воды не меняется, то  $hS_2 = h_1S_1$ .

Масса воды равна  $m = \rho S_2 h$ . С учетом этих соотношений, ответ можно переписать в виде:

$$Q = mg\left(H + \frac{1}{2}(h - h_1)\right) = \rho S_2 h g \left(H + \frac{h}{2} \left(1 - \frac{S_2}{S_1}\right)\right).$$

Подставляя числовые значения и проверяя размерность, получим:  $Q = 100 \text{ Дж}$ . Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $Q = \rho S_1 h g \left(H + \frac{h}{2} \left(1 - \frac{S_2}{S_1}\right)\right) = 100 \text{ Дж}$ .

| Содержание критерия  | Баллы |
|--|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:<br>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – выражения для потенциальной энергии воды до и после ее перетекания, закон изменения механической энергии при перетекании воды из сосуда в сосуд, связь между массой и объемом, условие неизменности объема воды);<br>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. | 3     |
| — Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.<br>ИЛИ<br>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.<br>ИЛИ<br>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.   | 2     |
| — В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.<br>ИЛИ<br>— Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.<br>ИЛИ<br>— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.  | 1     |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).   | 0     |

**С3** В сосуде под поршнем находится  $m = 6$  г идеального одноатомного газа. Среднеквадратичная скорость его атомов равна  $u = 500$  м/с. После того, как этот газ медленно расширился при постоянном давлении, среднеквадратичная скорость его атомов возросла в  $n = 1,5$  раза. Какую работу совершил газ в данном процессе?

**Образец возможного решения**

Запишем для рассматриваемой массы газа уравнение Клапейрона–Менделеева:  $pV = \frac{m}{M}RT$ . Здесь  $p$ ,  $V$  и  $T$  – давление, объем и температура газа,  $M$  – его молярная

масса. Среднеквадратичная скорость молекул газа равна  $v = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ . Следовательно,

объем газа можно выразить следующим образом:  $V = \frac{mR}{Mp}T = \frac{mR}{Mp} \cdot \frac{Mv^2}{3R} = \frac{mv^2}{3p}$ .

Пусть при изобарическом расширении объем газа увеличился от  $V_1$  до  $V_2$ . При этом среднеквадратичная скорость его атомов возросла от  $u$  до  $nu$ , и совершенная газом работа равна

$$A = p(V_2 - V_1) = p \left( \frac{m(nu)^2}{3p} - \frac{mu^2}{3p} \right) = \frac{mu^2}{3}(n^2 - 1).$$

Подставляя числовые значения и проверяя размерность, получим:  $A = 625$  Дж.

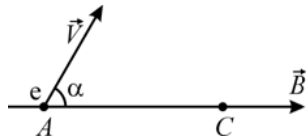
Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $A = \frac{mu^2}{3}(n^2 - 1) = 625$  Дж.

| Содержание критерия  | Баллы |
|--|-------|
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – уравнение Клапейрона-Менделеева, формула для работы газа, связь среднеквадратичной скорости молекул газа с его температурой);</li> <li>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</li> </ul> | 3     |
| <p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>  | 2     |
| <p>— В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>   | 1     |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>  | 0     |

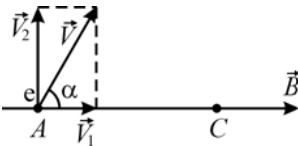
**С4**

Электрон, движущийся со скоростью  $V = 0,01 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме), влетает в точку  $A$  в постоянное однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл под углом  $\alpha = 60^\circ$  к линии магнитной индукции. Через некоторое время электрон снова пересекает ту же самую линию магнитной индукции, оказавшись в точке  $C$ . Чему равно расстояние между точками  $A$  и  $C$ ?



**Образец возможного решения**

Разложим вектор скорости электрона  $\vec{V}$  на две составляющие:  $\vec{V}_1$ , параллельную вектору индукции  $\vec{B}$ , и  $\vec{V}_2$ , перпендикулярную вектору индукции  $\vec{B}$ . Представим движение электрона как сумму двух независимых движений: со скоростью  $\vec{V}_1$  и со скоростью  $\vec{V}_2$ . При первом движении магнитное поле не будет изменять ни модуль, ни направление составляющей скорости  $\vec{V}_1$  (так как угол между векторами  $\vec{V}_1$  и  $\vec{B}$  равен нулю).



Поэтому электрон будет продолжать двигаться в направлении вдоль линий индукции магнитного поля с постоянной скоростью  $\vec{V}_1$ . Второе движение представляет собой движение электрона, влетевшего в магнитное поле перпендикулярно линиям его индукции. При этом, как известно, электрон под действием силы Лоренца  $F = eV_2B$  будет двигаться с постоянной скоростью  $V_2$  по окружности, плоскость которой перпендикулярна вектору  $\vec{B}$ . Радиус  $R$  этой окружности можно найти, записав второй закон Ньютона для движения частицы по окружности:  $\frac{mV_2^2}{R} = eV_2B$ , где  $e$  и  $m$  – модуль заряда и масса электрона.

Итак, движение электрона будет представлять собой сумму равномерного движения вдоль линий индукции магнитного поля с постоянной скоростью  $\vec{V}_1$  и равномерного движения по окружности, плоскость которой перпендикулярна линиям магнитной индукции, с постоянной по модулю скоростью  $V_2$ . В результате сложения этих движений получится равномерное движение по спирали со скоростью  $V$ .

Электрон пересечет ту же самую линию индукции, на которой находится точка  $A$ , через время, равное периоду его обращения по окружности. Этот период равен  $T = \frac{2\pi R}{V_2} = \frac{2\pi m}{eB}$ . За это время электрон сместится в направлении вдоль линий

магнитной индукции на расстояние  $S = V_1 T = \frac{2\pi m V \cos \alpha}{eB} = \frac{0,02\pi m c \cos \alpha}{eB}$ . Это и будет искомым расстоянием между точками  $A$  и  $C$ .

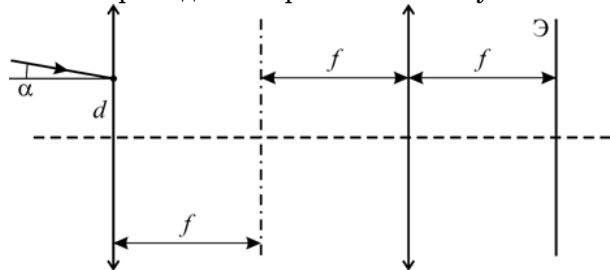
Подставляя числовые значения и проверяя размерность, получим:  $S \approx 0,54$  мм.

Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $S = \frac{0,02\pi m c \cos \alpha}{eB} \approx 0,54$  мм.

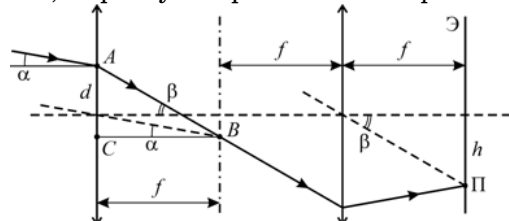
| Содержание критерия  | Баллы |
|--|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:<br>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – выполнено разложение вектора скорости электрона на составляющие; объяснено, почему движение электрона можно представить как сумму равномерного движения по прямой и равномерного движения по окружности; записан второй закон Ньютона для движения частицы по окружности под действием силы Лоренца; найдено время обращения частицы по окружности и смещение частицы за это время вдоль линии индукции);<br>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями). | 3     |
| — Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.<br>ИЛИ<br>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.<br>ИЛИ<br>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.   | 2     |
| — В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.<br>ИЛИ<br>— Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.<br>ИЛИ<br>— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.  | 1     |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).   | 0     |

**С5** Две одинаковые тонкие собирающие линзы с фокусным расстоянием  $f = 10$  см каждая расположены на расстоянии  $2f = 20$  см друг от друга так, что их главные оптические оси совпадают. На одну из линз на расстоянии  $d = 0,5$  см от главной оптической оси падает узкий параллельный пучок света, идущий под углом  $\alpha = 0,05$  рад к главной оптической оси. За второй линзой в ее фокальной плоскости расположен экран Э. На каком расстоянии от главной оптической оси будет находиться на экране световое пятно, образованное прошедшим через обе линзы пучком?



**Образец возможного решения**

Построим ход узкого параллельного светового пучка через линзы, пользуясь правилами построения хода лучей в тонкой линзе. На рисунке сплошными линиями со стрелками показана траектория пучка, пунктирными линиями – главная и побочные оптические оси, штрихпунктирной линией – фокальные плоскости линз.



Из рисунка видно, что искомое расстояние от главной оптической оси до светлого пятна П на экране Э равно  $h = f \operatorname{tg} \beta$  где  $\beta$  – угол, который пучок составляет с главной оптической осью после прохождения через первую линзу. Кроме того, из треугольника ABC следует, что  $\operatorname{tg} \beta = \frac{f \operatorname{tg} \alpha + d}{f} = \operatorname{tg} \alpha + \frac{d}{f}$ . С учетом этого,

$$h = f \operatorname{tg} \beta = f \operatorname{tg} \alpha + d \approx fa + d \quad (\text{поскольку при } \alpha \ll 1 \text{ можно считать, что } \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha).$$

Подставляя числовые значения и проверяя размерность, получим:  $h \approx 1$  см.

Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $h = f \operatorname{tg} \alpha + d \approx fa + d = 1$  см.

| Содержание критерия  | Баллы |
|--|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:<br>— верно выполнены геометрические построения и записаны формулы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – дважды применены правила построения хода лучей в тонкой собирающей линзе, использованы геометрические соотношения между расстояниями и углами);<br>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями). | 3     |
| — Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.<br>ИЛИ<br>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.<br>ИЛИ<br>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.   | 2     |
| — В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.<br>ИЛИ<br>— Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.<br>ИЛИ<br>— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.  | 1     |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).   | 0     |

**С6** Найдите энергию, которая выделяется при протекании ядерной реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ . Относительные атомные массы изотопов ядер, участвующих в реакции, приведены в таблице. Массу нейтрона можно считать равной 1,00866 а.е.м. Результат выразите в МэВ.

| Изотоп            | Масса нейтрального атома, а.е.м. |
|-------------------|----------------------------------|
| ${}^2_1\text{H}$  | 2,01410                          |
| ${}^8_4\text{Be}$ | 8,00531                          |
| ${}^7_3\text{Li}$ | 7,01601                          |

#### Образец возможного решения

Воспользуемся законом сохранения энергии при ядерных реакциях: сумма масс ядер до реакции должны быть равна сумме масс ядер продуктов реакции, плюс дефект массы  $\Delta m$ . Этот дефект массы и «превращается» в энергию  $\Delta E = \Delta m c^2$ , выделяющуюся в результате реакции. Воспользовавшись данными, приведенными в условии задачи, получим:

$$7,01601 \text{ а.е.м.} + 2,01410 \text{ а.е.м.} = 8,00531 \text{ а.е.м.} + 1,00866 \text{ а.е.м.} + \Delta m.$$

Отсюда  $\Delta m = 0,01614 \text{ а.е.м.}$  Такому дефекту массы соответствует энергия

$$\Delta E = 0,01614 \text{ а.е.м.} \cdot 931,5 \text{ МэВ} \approx 15 \text{ МэВ}.$$

Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $\Delta E = 0,01614 \text{ а.е.м.} \cdot 931,5 \text{ МэВ} \approx 15 \text{ МэВ}.$

| Содержание критерия  | Баллы |
|--|-------|
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— верно применены физические законы и соотношения, которые необходимы для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон сохранения энергии в ядерных реакциях и соотношение между массой и энергией);</li> <li>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</li> </ul> | 3     |
| <p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>  | 2     |
| <p>— В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>   | 1     |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>  | 0     |