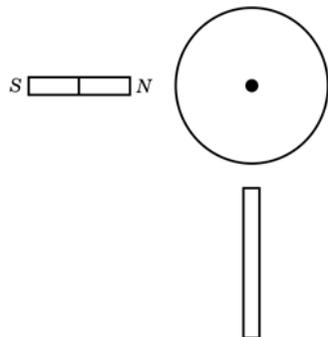


**Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом**

**C1** Пучок электронов движется вдоль горизонтальной оси электронно-лучевой трубки и создает в центре ее круглого экрана яркое пятно (на рисунке пучок движется «на нас»). К трубке слева медленно подносят полосовой постоянный магнит, северный полюс которого направлен в сторону трубки перпендикулярно ее оси. Затем, не убирая магнита, к трубке снизу медленно подносят конец стеклянной палочки, натертой шелком. Опишите, как будет вести себя пятно на экране в течение всего процесса, и поясните свой ответ, сославшись на необходимые физические законы.



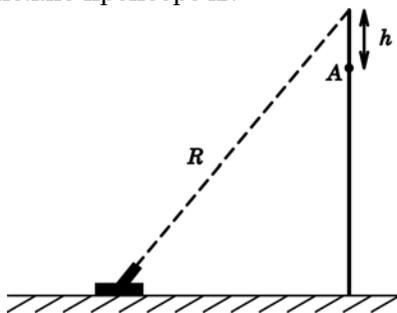
1) Электроны в пучке имеют отрицательный заряд и движутся в направлении к экрану (то есть, с точки зрения рисунка, «на нас»). Линии индукции магнитного поля выходят из северного полюса полосового магнита, то есть возле электронно-лучевой трубки, и внутри нее вектор индукции направлен вправо. На электроны, движущиеся в магнитном поле, действует сила Лоренца. Ее направление можно определить, пользуясь правилом левой руки (при этом необходимо учесть отрицательный знак движущихся зарядов). В рассматриваемом случае сила Лоренца будет направлена вниз. Поэтому при поднесении к электронно-лучевой трубке слева северного полюса магнита пятно на экране будет смещаться вниз. Величина смещения будет возрастать по мере приближения магнита к трубке, поскольку при этом возрастает модуль индукции магнитного поля.

2) Стеклянная палочка, натертая шелком, заряжена положительно. Электроны, движущиеся в пучке, будут притягиваться к палочке. Поэтому при поднесении снизу к электронно-лучевой трубке положительно заряженной палочки пятно на экране также будет смещаться вниз. Следовательно, если поднести снизу к трубке заряженную палочку, не убирая полосовой магнит, то смещение вниз пятна на экране увеличится. Величина смещения будет возрастать по мере приближения палочки к трубке, поскольку при этом возрастает модуль напряженности электрического поля заряженной палочки.

Содержание критерия	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>описание движения пятна на экране</i> ), и полное верное объяснение причин возникновения такого движения (в данном случае – <i>п. 1-2</i> ) со ссылкой на необходимые законы электромагнетизма и механики (в данном случае – <i>на формулу для силы Лоренца и на закон Кулона</i> ).	3

Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: — В объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы. <b>ИЛИ</b> — Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты. <b>ИЛИ</b> — Недостаточно обосновано применение физических законов, необходимых для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ. <b>ИЛИ</b> — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан. <b>ИЛИ</b> — 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
<i>Максимальный балл</i>	3

**C2** На горизонтальном полу стоит вертикальная прямоугольная плоская стенка, верхний край которой горизонтален. На некотором расстоянии от стенки на полу установлена маленькая игрушечная пушка, которая стреляет шариками. Школьник направляет ствол пушки прямо на верхний край стенки (вдоль пунктирной линии) и производит выстрел. При этом шарик летит так, что плоскость его траектории перпендикулярна стенке, и попадает в стенку в точке А, которая находится на расстоянии  $h = 5$  см от ее верхнего края. Чему равна начальная скорость  $v_0$  шарика, если ствол пушки находится на расстоянии  $R = 70$  см от верхнего края стенки? Считать, что пушка маленькая по сравнению с высотой стенки, а влиянием воздуха на движение шарика можно пренебречь.



**Решение.**  
 Обозначим высоту стенки  $H$ , а расстояние от пушки до стенки  $L$ . Направим координатную ось  $OX$  горизонтально перпендикулярно стенке в направлении движения шарика, а ось  $OY$  – вертикально вверх. Начало координат совместим с точкой вылета шарика из ствола пушки, время  $t$  будем отсчитывать от момента выстрела. Тогда уравнения движения шарика вдоль указанных осей имеют вид:  $x(t) = v_0 \cos \alpha \cdot t$  и  $y(t) = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ , где  $\alpha$  – угол между вектором начальной скорости шарика и осью  $OX$ . Условие попадания шарика в стенку имеет вид:  $x(t) = L$  и  $y(t) = H - h$ . Отсюда время полета шарика до стенки  $t = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}$ , и из второго уравнения имеем:

$$H - h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{L}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \left( \frac{L}{v_0 \cos \alpha} \right)^2 = L \operatorname{tg} \alpha - \frac{gL^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Учитывая, что  $L \operatorname{tg} \alpha = H$  и что  $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha$ , последнюю формулу можно переписать в виде:  $h = \frac{gL^2}{2v_0^2} \left( 1 + \frac{H^2}{L^2} \right)$ . Отсюда  $v_0 = \sqrt{\frac{g}{2h} (L^2 + H^2)} = R \sqrt{\frac{g}{2h}}$ .

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $v_0 = 7$  м/с. Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $v_0 = R \sqrt{\frac{g}{2h}} = 7$  м/с.

Содержание критерия	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие соотношения, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – законы движения шарика вдоль координатных осей и условия попадания шарика в заданную точку стенки); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**СЗ** Вертикальный цилиндрический сосуд с теплопроводящими стенками закрыт тонким тяжелым горизонтальным поршнем массой  $m = 5$  кг, который может двигаться без трения. В сосуде под поршнем находится одноатомный идеальный газ. Сначала в сосуд, поддерживая температуру его содержимого постоянной, добавили некоторое количество такого же газа, вследствие чего поршень поднялся на высоту  $H = 20$  см. Затем сосуд и его содержимое медленно охладили так, что поршень вернулся на прежнее место. Найти модуль количества теплоты  $|Q|$ , отведенной от газа при охлаждении сосуда.

**Решение.**  
 Пусть в исходном состоянии в сосуде находилось  $\nu$  молей газа, который занимал объем  $V$  при температуре  $T$ . Давление газа в течение всех происходящих процессов постоянно и равно  $p = \frac{mg}{S}$ , где  $S$  – площадь поршня.

При добавлении в сосуд  $\Delta\nu$  молей газа объем сосуда увеличился на  $SH$ . Поэтому уравнение Клапейрона – Менделеева для газа после поднятия поршня имеет вид:  $p(V + SH) = (\nu + \Delta\nu)RT$ .

После охлаждения газа от температуры  $T$  до некоторой температуры  $T_1$  объем газа стал прежним. Поэтому уравнение Клапейрона – Менделеева для газа в конечном состоянии имеет вид:  $pV = (\nu + \Delta\nu)RT_1$ . Вычитая второе уравнение из первого, получаем:  $pSH = (\nu + \Delta\nu)R(T - T_1)$ .

В соответствии с первым началом термодинамики, при медленном охлаждении газа от температуры  $T$  до температуры  $T_1$  от газа было отнято количество теплоты, равное сумме убыли внутренней энергии газа и работы, совершенной газом против постоянной внешней силы (силы тяжести):

$$Q = \frac{3}{2}(\nu + \Delta\nu)R(T_1 - T) - pSH. \text{ Следует обратить внимание на то, что работа}$$

$A = -pSH$ , совершаемая газом, в данном случае отрицательна, так как газ сжимается под действием внешней силы. Отсюда с учетом ранее полученной формулы, находим:

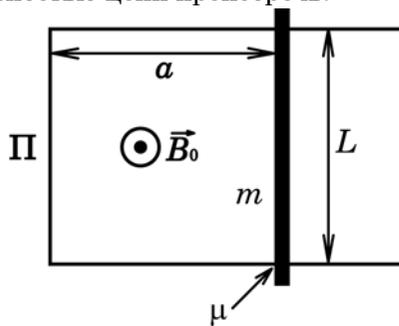
$$|Q| = \frac{3}{2}(\nu + \Delta\nu)R(T - T_1) + pSH = \frac{3}{2}pSH + pSH = \frac{5}{2}pSH = \frac{5}{2}mgH$$

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $|Q| = 25$  Дж. Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $|Q| = \frac{5}{2}mgH = 25$  Дж.

Содержание критерия	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – уравнение Клапейрона – Менделеева для газа после поднятия и после опускания поршня, первое начало термодинамики для процесса изобарического охлаждения газа); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**С4** На горизонтальных параллельных металлических рельсах, концы которых соединены закрепленной проводящей перемычкой П, лежит металлический стержень массой  $m = 100$  г. Перемычка и стержень перпендикулярны рельсам. Расстояние от перемычки до стержня  $a = 1$  м, расстояние между рельсами  $L = 1$  м, коэффициент трения между рельсами и стержнем  $\mu = 0,4$ . Вся система помещена в однородное вертикальное магнитное поле, индукция которого равна  $B_0 = 0,2$  Тл. Модуль индукции магнитного поля равномерно уменьшают до нулевого значения за некоторое время  $\tau$ . При каком максимальном значении  $\tau$  стержень при выключении магнитного поля сдвинется с места? Электрическое сопротивление рельс, перемычки и стержня при протекании тока  $R = 1$  Ом. Влиянием воздуха и индуктивностью цепи пренебречь.

**Решение.**

Зависимость модуля индукции  $B$  магнитного поля от времени  $t$  согласно условию задачи имеет вид:  $B = B_0 \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)$ . При изменении магнитного поля в контуре, образованном рельсами, перемычкой и стержнем, возникает ЭДС индукции. В соответствии с законом Фарадея она равна по модулю  $E = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = aL \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = \frac{aLB_0}{\tau}$ . Наличие ЭДС индукции приведет к возникновению в цепи постоянного электрического тока, сила  $I$  которого может быть найдена из закона Ома для полной цепи:  $I = \frac{E}{R} = \frac{aLB_0}{\tau R}$ . Вследствие протекания электрического тока на стержень, находящийся в магнитном поле, будет действовать сила Ампера:  $F_A = ILB = \frac{aL^2B_0^2}{\tau R} \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)$ . Эта сила будет зависеть от времени, так как от времени зависит модуль индукции магнитного поля.

Из записанного выражения для силы Ампера видно, что она будет принимать максимальное значение  $F_A^{\max} = \frac{aL^2B_0^2}{\tau R}$  при  $t = 0$ , то есть в момент начала

выключения магнитного поля. Поэтому если стержень не сдвинется с места в этот момент, то он не сдвинется и в последующие моменты времени. Для того чтобы стержень сдвинулся, необходимо, чтобы указанная максимальная сила Ампера достигла величины силы сухого трения покоя (или превысила ее).

Используя закон Амперона – Кулона, получаем:  $F_A^{\max} = \frac{aL^2B_0^2}{\tau R} \geq F_{\text{тр}} = \mu mg$ .

Отсюда находим:  $\tau \leq \frac{aL^2B_0^2}{\mu mgR}$ , то есть максимальное значение времени  $\tau$ , при

котором стержень сдвинется с места при выключении магнитного поля, равно

$\tau = \frac{aL^2B_0^2}{\mu mgR}$ . Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:

$$\tau = \frac{aL^2B_0^2}{\mu mgR} = 0,1 \text{ с.}$$

Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $\tau = \frac{aL^2B_0^2}{\mu mgR} = 0,1 \text{ с.}$

Содержание критерия	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон электромагнитной индукции Фарадея, закон Ома для полной цепи, выражение для силы Ампера, закон Амперона – Кулона.);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3

<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:                  — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.                  ИЛИ                  — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.                  ИЛИ                  — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.                  ИЛИ                  — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:                  — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа.                  ИЛИ                  — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.                  ИЛИ                  — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

**C5** На оптической скамье установлены две тонкие линзы: первая – с оптической силой  $D_1 > 0$ , и вторая – с оптической силой  $D_2 = +2$  дптр. Главные оптические оси линз совпадают. Известно, что узкий пучок света, распространяющийся вдоль главной оптической оси линз, после падения на первую линзу выходит из второй линзы, оставаясь параллельным. Расстояние между линзами увеличили на  $\Delta L = 10$  см. На каком расстоянии от второй линзы сфокусируется пучок?

**Решение.**

По условию задачи пучок света, распространяющийся параллельно главной оптической оси собирающих линз, после падения на первую линзу выходит из второй линзы, оставаясь параллельным. Это означает, что система телескопическая, то есть задний фокус первой линзы совмещен с передним фокусом второй линзы. После увеличения расстояния между линзами на величину  $\Delta L$  задний фокус первой линзы играет роль вторичного источника света. Этот источник действительный, он расположен на расстоянии  $F_2 + \Delta L$  от второй линзы, где  $F_2 = 1/D_2$  – ее фокусное расстояние. Согласно формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{F_2 + \Delta L} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_2}$ , где  $b$  – искомое расстояние от второй линзы до

точки, в которой сфокусируется пучок света. Отсюда  $b = \frac{F_2(F_2 + L)}{L} = \frac{1 + LD_2}{LD_2^2}$ .

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $b = \frac{1 + LD_2}{LD_2^2} = 3$  м.

Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $b = \frac{1 + LD_2}{LD_2^2} = 3$  м.

Содержание критерия	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:                      1) правильно построен ход светового луча и правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>соотношения между фокусным расстоянием и оптической силой линзы, формула тонкой линзы</i>);                      2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:                  — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.                  ИЛИ                  — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.                  ИЛИ                  — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.                  ИЛИ                  — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:                  — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа.                  ИЛИ                  — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.                  ИЛИ                  — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

**С6** Космический зонд с площадью поперечного сечения  $S = 0,66 \text{ м}^2$  свободно движется в просторах космоса вдали от небесных тел с постоянной скоростью  $V = 100 \text{ км/с}$ . Неожиданно зонд попадает в неподвижное пылевое облако, состоящее из одинаковых пылинок массой  $m_0 = 1 \text{ мг}$ . Пылинки равномерно распределены по объему облака, их концентрация составляет  $n = 1 \text{ см}^{-3}$ . Пылинка, ударившись о зонд, прилипает к нему. Для того чтобы сохранить начальную постоянную скорость движения зонда, управляющий им оператор включает фотонный двигатель, который испускает фотоны, имеющие длину волны  $\lambda = 1 \text{ мкм}$ . Сколько фотонов за одну секунду испускает двигатель, если они вылетают в направлении, противоположном направлению движения зонда?

За время  $\Delta t$  к зонду прилипают пылинки общей массой  $\Delta m = \rho SV \Delta t$ , где  $\rho = nm_0$  – плотность пылевого облака. Они сообщают зонду импульс  $\Delta p = \Delta m V = nm_0 SV^2 \Delta t$ . Для того, чтобы зонд двигался с постоянной скоростью, вылетающие из двигателя фотоны должны сообщать зонду такой же по модулю, но противоположный по направлению импульс. Следовательно,  $\Delta p = p_0 \cdot N \Delta t$ , где  $p_0 = \frac{h}{\lambda}$  – импульс одного фотона,  $N$  – искомое число фотонов, испускаемых двигателем за 1 секунду. Из записанных формул получаем:

$$N = \frac{nm_0 SV^2 \lambda}{h}$$

$$N = \frac{nm_0 SV^2 \lambda}{h} = 10^{37} \text{ с}^{-1}$$

Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

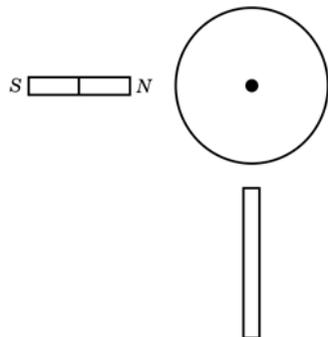
**Ответ:**  $N = \frac{nm_0 SV^2 \lambda}{h} = 10^{37} \text{ с}^{-1}$ .

Содержание критерия	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:                      1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – выражения для импульсов, которые сообщаются зонду частицами пыли и фотонами, вылетающими из двигателя, а также связь между импульсом и длиной волны фотона);                      2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:                      — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.                      ИЛИ                      — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.                      ИЛИ                      — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.                      ИЛИ                      — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

**Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом**

**C1** Пучок электронов движется вдоль горизонтальной оси электронно-лучевой трубки и создает в центре ее круглого экрана яркое пятно (на рисунке пучок движется «на нас»). К трубке слева медленно подносят полосовой постоянный магнит, северный полюс которого направлен в сторону трубки перпендикулярно ее оси. Затем, не убирая магнита, к трубке снизу медленно подносят конец стеклянной палочки, натертой шелком. Опишите, как будет вести себя пятно на экране в течение всего процесса, и поясните свой ответ, сославшись на необходимые физические законы.



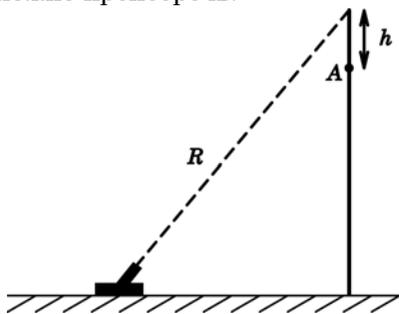
1) Электроны в пучке имеют отрицательный заряд и движутся в направлении к экрану (то есть, с точки зрения рисунка, «на нас»). Линии индукции магнитного поля выходят из северного полюса полосового магнита, то есть возле электронно-лучевой трубки, и внутри нее вектор индукции направлен вправо. На электроны, движущиеся в магнитном поле, действует сила Лоренца. Ее направление можно определить, пользуясь правилом левой руки (при этом необходимо учесть отрицательный знак движущихся зарядов). В рассматриваемом случае сила Лоренца будет направлена вниз. Поэтому при поднесении к электронно-лучевой трубке слева северного полюса магнита пятно на экране будет смещаться вниз. Величина смещения будет возрастать по мере приближения магнита к трубке, поскольку при этом возрастает модуль индукции магнитного поля.

2) Стеклянная палочка, натертая шелком, заряжена положительно. Электроны, движущиеся в пучке, будут притягиваться к палочке. Поэтому при поднесении снизу к электронно-лучевой трубке положительно заряженной палочки пятно на экране также будет смещаться вниз. Следовательно, если поднести снизу к трубке заряженную палочку, не убирая полосовый магнит, то смещение вниз пятна на экране увеличится. Величина смещения будет возрастать по мере приближения палочки к трубке, поскольку при этом возрастает модуль напряженности электрического поля заряженной палочки.

Содержание критерия	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>описание движения пятна на экране</i> ), и полное верное объяснение причин возникновения такого движения (в данном случае – <i>п. 1-2</i> ) со ссылкой на необходимые законы электромагнетизма и механики (в данном случае – <i>на формулу для силы Лоренца и на закон Кулона</i> ).	3

Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: — В объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы. <b>ИЛИ</b> — Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты. <b>ИЛИ</b> — Недостаточно обосновано применение физических законов, необходимых для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ. <b>ИЛИ</b> — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан. <b>ИЛИ</b> — 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
<i>Максимальный балл</i>	3

**C2** На горизонтальном полу стоит вертикальная прямоугольная плоская стенка, верхний край которой горизонтален. На некотором расстоянии от стенки на полу установлена маленькая игрушечная пушка, которая стреляет шариками. Школьник направляет ствол пушки прямо на верхний край стенки (вдоль пунктирной линии) и производит выстрел. При этом шарик летит так, что плоскость его траектории перпендикулярна стенке, и попадает в стенку в точке А, которая находится на расстоянии  $h = 5$  см от ее верхнего края. Чему равна начальная скорость  $v_0$  шарика, если ствол пушки находится на расстоянии  $R = 70$  см от верхнего края стенки? Считать, что пушка маленькая по сравнению с высотой стенки, а влиянием воздуха на движение шарика можно пренебречь.



**Решение.**  
 Обозначим высоту стенки  $H$ , а расстояние от пушки до стенки  $L$ . Направим координатную ось  $OX$  горизонтально перпендикулярно стенке в направлении движения шарика, а ось  $OY$  – вертикально вверх. Начало координат совместим с точкой вылета шарика из ствола пушки, время  $t$  будем отсчитывать от момента выстрела. Тогда уравнения движения шарика вдоль указанных осей имеют вид:  $x(t) = v_0 \cos \alpha \cdot t$  и  $y(t) = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ , где  $\alpha$  – угол между вектором начальной скорости шарика и осью  $OX$ . Условие попадания шарика в стенку имеет вид:  $x(t) = L$  и  $y(t) = H - h$ . Отсюда время полета шарика до стенки  $t = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}$ , и из второго уравнения имеем:

$$H - h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{L}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \left( \frac{L}{v_0 \cos \alpha} \right)^2 = L \operatorname{tg} \alpha - \frac{gL^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Учитывая, что  $L \operatorname{tg} \alpha = H$  и что  $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha$ , последнюю формулу можно переписать в виде:  $h = \frac{gL^2}{2v_0^2} \left( 1 + \frac{H^2}{L^2} \right)$ . Отсюда  $v_0 = \sqrt{\frac{g}{2h} (L^2 + H^2)} = R \sqrt{\frac{g}{2h}}$ .

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $v_0 = 7$  м/с. Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $v_0 = R \sqrt{\frac{g}{2h}} = 7$  м/с.

Содержание критерия	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие соотношения, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – законы движения шарика вдоль координатных осей и условия попадания шарика в заданную точку стенки); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа. ИЛИ — В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0
<i>Максимальный балл</i>	3

СЗ

Вертикальный цилиндрический сосуд с теплопроводящими стенками закрыт тонким тяжелым горизонтальным поршнем массой  $m = 5$  кг, который может двигаться без трения. В сосуде под поршнем находится одноатомный идеальный газ. Сначала в сосуд, поддерживая температуру его содержимого постоянной, добавили некоторое количество такого же газа, вследствие чего поршень поднялся на высоту  $H = 20$  см. Затем сосуд и его содержимое медленно охладили так, что поршень вернулся на прежнее место. Найти модуль количества теплоты  $|Q|$ , отведенной от газа при охлаждении сосуда.

**Решение.**

Пусть в исходном состоянии в сосуде находилось  $\nu$  молей газа, который занимал объем  $V$  при температуре  $T$ . Давление газа в течение всех происходящих процессов постоянно и равно  $p = \frac{mg}{S}$ , где  $S$  – площадь поршня.

При добавлении в сосуд  $\Delta\nu$  молей газа объем сосуда увеличился на  $SH$ . Поэтому уравнение Клапейрона – Менделеева для газа после поднятия поршня имеет вид:  $p(V + SH) = (\nu + \Delta\nu)RT$ .

После охлаждения газа от температуры  $T$  до некоторой температуры  $T_1$  объем газа стал прежним. Поэтому уравнение Клапейрона – Менделеева для газа в конечном состоянии имеет вид:  $pV = (\nu + \Delta\nu)RT_1$ . Вычитая второе уравнение из первого, получаем:  $pSH = (\nu + \Delta\nu)R(T - T_1)$ .

В соответствии с первым началом термодинамики, при медленном охлаждении газа от температуры  $T$  до температуры  $T_1$  от газа было отнято количество теплоты, равное сумме убыли внутренней энергии газа и работы, совершенной газом против постоянной внешней силы (силы тяжести):

$Q = \frac{3}{2}(\nu + \Delta\nu)R(T_1 - T) - pSH$ . Следует обратить внимание на то, что работа

$A = -pSH$ , совершаемая газом, в данном случае отрицательна, так как газ сжимается под действием внешней силы. Отсюда с учетом ранее полученной формулы, находим:

$$|Q| = \frac{3}{2}(\nu + \Delta\nu)R(T - T_1) + pSH = \frac{3}{2}pSH + pSH = \frac{5}{2}pSH = \frac{5}{2}mgH$$

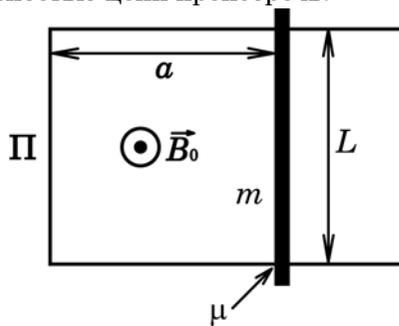
Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $|Q| = 25$  Дж.

Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $|Q| = \frac{5}{2}mgH = 25$  Дж.

Содержание критерия	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – уравнение Клапейрона – Менделеева для газа после поднятия и после опускания поршня, первое начало термодинамики для процесса изобарического охлаждения газа); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**С4** На горизонтальных параллельных металлических рельсах, концы которых соединены закрепленной проводящей перемычкой П, лежит металлический стержень массой  $m = 100$  г. Перемычка и стержень перпендикулярны рельсам. Расстояние от перемычки до стержня  $a = 1$  м, расстояние между рельсами  $L = 1$  м, коэффициент трения между рельсами и стержнем  $\mu = 0,4$ . Вся система помещена в однородное вертикальное магнитное поле, индукция которого равна  $B_0 = 0,2$  Тл. Модуль индукции магнитного поля равномерно уменьшают до нулевого значения за некоторое время  $\tau$ . При каком максимальном значении  $\tau$  стержень при выключении магнитного поля сдвинется с места? Электрическое сопротивление рельс, перемычки и стержня при протекании тока  $R = 1$  Ом. Влиянием воздуха и индуктивностью цепи пренебречь.



**Решение.**

Зависимость модуля индукции  $B$  магнитного поля от времени  $t$  согласно условию задачи имеет вид:  $B = B_0 \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)$ . При изменении магнитного поля в контуре, образованном рельсами, перемычкой и стержнем, возникает ЭДС индукции. В соответствии с законом Фарадея она равна по модулю  $E = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = aL \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = \frac{aLB_0}{\tau}$ . Наличие ЭДС индукции приведет к возникновению в цепи постоянного электрического тока, сила  $I$  которого может быть найдена из закона Ома для полной цепи:  $I = \frac{E}{R} = \frac{aLB_0}{\tau R}$ . Вследствие протекания электрического тока на стержень, находящийся в магнитном поле, будет действовать сила Ампера:  $F_A = ILB = \frac{aL^2B_0^2}{\tau R} \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)$ . Эта сила будет зависеть от времени, так как от времени зависит модуль индукции магнитного поля.

Из записанного выражения для силы Ампера видно, что она будет принимать максимальное значение  $F_A^{\max} = \frac{aL^2B_0^2}{\tau R}$  при  $t = 0$ , то есть в момент начала выключения магнитного поля. Поэтому если стержень не сдвинется с места в этот момент, то он не сдвинется и в последующие моменты времени. Для того чтобы стержень сдвинулся, необходимо, чтобы указанная максимальная сила Ампера достигла величины силы сухого трения покоя (или превысила ее).

Используя закон Амперона – Кулона, получаем:  $F_A^{\max} = \frac{aL^2B_0^2}{\tau R} \geq F_{\text{тр}} = \mu mg$ .

Отсюда находим:  $\tau \leq \frac{aL^2B_0^2}{\mu mgR}$ , то есть максимальное значение времени  $\tau$ , при котором стержень сдвинется с места при выключении магнитного поля, равно

$\tau = \frac{aL^2B_0^2}{\mu mgR}$ . Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:

$$\tau = \frac{aL^2B_0^2}{\mu mgR} = 0,1 \text{ с.}$$

Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $\tau = \frac{aL^2B_0^2}{\mu mgR} = 0,1 \text{ с.}$

Содержание критерия	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон электромагнитной индукции Фарадея, закон Ома для полной цепи, выражение для силы Ампера, закон Амперона – Кулона.); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3

<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:                  — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.                  ИЛИ                  — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.                  ИЛИ                  — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.                  ИЛИ                  — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:                  — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа.                  ИЛИ                  — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.                  ИЛИ                  — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

**С5** На оптической скамье установлены две тонкие линзы: первая – с оптической силой  $D_1 > 0$ , и вторая – с оптической силой  $D_2 = +2$  дптр. Главные оптические оси линз совпадают. Известно, что узкий пучок света, распространяющийся вдоль главной оптической оси линз, после падения на первую линзу выходит из второй линзы, оставаясь параллельным. Расстояние между линзами увеличили на  $\Delta L = 10$  см. На каком расстоянии от второй линзы сфокусируется пучок?

**Решение.**

По условию задачи пучок света, распространяющийся параллельно главной оптической оси собирающих линз, после падения на первую линзу выходит из второй линзы, оставаясь параллельным. Это означает, что система телескопическая, то есть задний фокус первой линзы совмещен с передним фокусом второй линзы. После увеличения расстояния между линзами на величину  $\Delta L$  задний фокус первой линзы играет роль вторичного источника света. Этот источник действительный, он расположен на расстоянии  $F_2 + \Delta L$  от второй линзы, где  $F_2 = 1/D_2$  – ее фокусное расстояние. Согласно формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{F_2 + \Delta L} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_2}$ , где  $b$  – искомое расстояние от второй линзы до

точки, в которой сфокусируется пучок света. Отсюда  $b = \frac{F_2(F_2 + L)}{L} = \frac{1 + LD_2}{LD_2^2}$ .

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $b = \frac{1 + LD_2}{LD_2^2} = 3$  м.

Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $b = \frac{1 + LD_2}{LD_2^2} = 3$  м.

Содержание критерия	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:                      1) правильно построен ход светового луча и правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>соотношения между фокусным расстоянием и оптической силой линзы, формула тонкой линзы</i>);                      2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:                  — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.                  ИЛИ                  — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.                  ИЛИ                  — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.                  ИЛИ                  — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:                  — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа.                  ИЛИ                  — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.                  ИЛИ                  — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

**С6** Космический зонд с площадью поперечного сечения  $S = 0,66 \text{ м}^2$  свободно движется в просторах космоса вдали от небесных тел с постоянной скоростью  $V = 100 \text{ км/с}$ . Неожиданно зонд попадает в неподвижное пылевое облако, состоящее из одинаковых пылинок массой  $m_0 = 1 \text{ мг}$ . Пылинки равномерно распределены по объему облака, их концентрация составляет  $n = 1 \text{ см}^{-3}$ . Пылинка, ударившись о зонд, прилипает к нему. Для того чтобы сохранить начальную постоянную скорость движения зонда, управляющий им оператор включает фотонный двигатель, который испускает фотоны, имеющие длину волны  $\lambda = 1 \text{ мкм}$ . Сколько фотонов за одну секунду испускает двигатель, если они вылетают в направлении, противоположном направлению движения зонда?

За время  $\Delta t$  к зонду прилипают пылинки общей массой  $\Delta m = \rho SV \Delta t$ , где  $\rho = nm_0$  – плотность пылевого облака. Они сообщают зонду импульс  $\Delta p = \Delta m V = nm_0 SV^2 \Delta t$ . Для того, чтобы зонд двигался с постоянной скоростью, вылетающие из двигателя фотоны должны сообщать зонду такой же по модулю, но противоположный по направлению импульс. Следовательно,  $\Delta p = p_0 \cdot N \Delta t$ , где  $p_0 = \frac{h}{\lambda}$  – импульс одного фотона,  $N$  – искомое число фотонов, испускаемых двигателем за 1 секунду. Из записанных формул получаем:

$$N = \frac{nm_0 SV^2 \lambda}{h}$$

$$N = \frac{nm_0 SV^2 \lambda}{h} = 10^{37} \text{ с}^{-1}$$

Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $N = \frac{nm_0 SV^2 \lambda}{h} = 10^{37} \text{ с}^{-1}$ .

Содержание критерия	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:                      1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>выражения для импульсов, которые сообщаются зонду частицами пыли и фотонами, вылетающими из двигателя, а также связь между импульсом и длиной волны фотона</i>);                      2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:                      — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.                      ИЛИ                      — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.                      ИЛИ                      — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.                      ИЛИ                      — Решение содержит ошибку в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3