

### Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

**C1** Медный стержень укреплен на штативе в горизонтальном положении. К нижней поверхности стержня на равных расстояниях друг от друга приклеены маленькими кусочками воска тяжелые стальные шарики. Один конец стержня начинают нагревать пламенем газовой горелки. 1) Опишите, что будет происходить с шариками, и объясните это явление. 2) Что изменится, если нагревать конец медного стержня не одной, а сразу двумя такими же горелками? 3) Что изменится по сравнению с первым опытом, если заменить медный стержень на стальной и нагревать его конец одной такой же горелкой? Во всех трех опытах начальные температуры стержней одинаковы.

#### Образец возможного решения

1) При нагревании конца стержня горелкой стержню постоянно сообщается теплота. Эта теплота вследствие теплопроводности будет распространяться по стержню в сторону его менее нагретого конца. Из-за этого стержень будет постепенно прогреваться, но температура его разных частей будет различной. Части, которые находятся ближе к горелке, будут иметь более высокую температуру, чем части, находящиеся дальше от горелки. Воск является легкоплавким веществом. В тех местах стержня, в которых температура станет близкой к температуре плавления воска, он размягчится и перестанет удерживать шарик. В результате шарик оторвется от стержня и упадет. Таким образом, при нагревании конца медного стержня горелкой сначала упадет шарик, находящийся ближе всего к горелке, затем, через некоторое время – следующий за ним шарик и так далее до тех пор, пока не упадет наиболее удаленный от горелки шарик. К этому моменту стержень прогреется по всей длине.

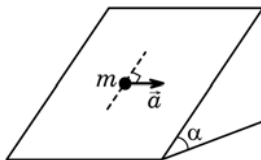
2) Если нагревать конец медного стержня не одной, а сразу двумя такими же горелками, то передающееся стержню количество теплоты будет почти в два раза больше (часть теплоты неизбежно расходуется на нагрев штатива и окружающего воздуха). Поэтому процесс теплопроводности будет проходить быстрее, чем в первом опыте. Следовательно, первый шарик по сравнению с первым опытом упадет раньше, и интервалы между падениями следующих шариков тоже уменьшатся.

3) Сталь проводит теплоту хуже, чем медь. Поэтому если заменить медный стержень на стальной и нагревать его конец одной горелкой (такой же, как в первом опыте), то процесс теплопроводности будет проходить медленнее, чем в первом опыте. Следовательно, первый шарик по сравнению с первым опытом упадет позже, и интервалы между падениями следующих шариков тоже увеличатся.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>описание поведения шариков во всех трех опытах</i> ), и дано полное верное объяснение причин наблюдаемых эффектов со ссылкой на необходимые физические явления (в данном случае – на <i>явление теплопроводности и его зависимость от рода материала и интенсивности нагревания</i> ).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> 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 полно описаны существенные черты физических явлений, понимание которых необходимо для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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 <u>правильный</u> 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**

Тело массой  $m = 1$  кг удерживали на гладкой закрепленной плоскости, наклоненной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Какую по модулю силу  $F$ , параллельную плоскости, надо приложить к телу, чтобы оно в дальнейшем двигалось с ускорением  $a = 5 \text{ м/с}^2$ , направленным горизонтально, поперек наклонной плоскости? Ответ округлите до целых.



**Образец возможного решения**

Применим для решения задачи второй закон Ньютона. Для того чтобы тело могло двигаться так, как описано в условии задачи, искомая сила  $F$  должна иметь две составляющие. Одна составляющая  $F_1$  должна быть направлена параллельно наклонной плоскости вверх, вдоль нее, и уравновешивать действующую вниз по этому направлению проекцию силы тяжести, то есть  $F_1 = mg \sin \alpha$ . Другая составляющая  $F_2$  должна быть направлена параллельно наклонной плоскости поперек нее, в горизонтальном направлении, и обеспечивать движение с постоянным ускорением  $a$ , то есть  $F_2 = ma$ . Так как составляющие  $F_1$  и  $F_2$  взаимно перпендикулярны, то модуль искомой силы  $F$  может быть найден при помощи теоремы Пифагора:  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = m\sqrt{g^2 \sin^2 \alpha + a^2}$ . Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $F = 5\sqrt{2} \text{ Н} \approx 7 \text{ Н}$ .

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

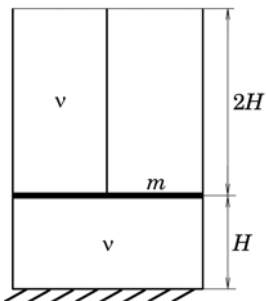
Ответ:  $F = m\sqrt{a^2 + g^2 \sin^2 \alpha} = 5\sqrt{2} \text{ Н} \approx 7 \text{ Н}$ .

Критерии оценки выполнения задания	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 – второй закон Ньютона в проекциях на направления вдоль и поперек наклонной плоскости; выражение, связывающее модуль силы с ее взаимно перпендикулярными составляющими); 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

**С3**

Внутри закрытого вертикального цилиндрического сосуда с теплопроводящими стенками находится тонкий тяжелый горизонтальный поршень, который может двигаться без трения. Поршень подвешен на легкой вертикальной нерастяжимой нити, прикрепленной к центру верхней крышки сосуда. Расстояние между дном сосуда и поршнем составляет  $H = 50$  см, а между поршнем и крышкой сосуда – вдвое больше. В сосуде под поршнем и над поршнем находятся при одинаковой температуре равные количества идеального одноатомного газа. При этом сила натяжения нити равна  $F = 10$  Н. Сосуд с газом медленно нагревают. Какое количество теплоты нужно сообщить всему газу в сосуде для того, чтобы поршень начал подниматься вверх?



**Образец возможного решения**

Пусть в каждой из частей сосуда находится  $n$  молей газа при температуре  $T$ . Обозначим площадь поршня через  $S$ , а его массу через  $m$ . Тогда, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, давление в верхней части сосуда равно  $p_1 = \frac{\nu RT}{2SH}$ , а в нижней части сосуда оно равно  $p_2 = \frac{\nu RT}{SH}$ . Так как поршень находится в равновесии, то в соответствии со вторым законом Ньютона сумма действующих на него сил равна нулю:

$$p_1 S + mg = p_2 S + F.$$

После нагревания газа при неподвижном поршне и увеличения его температуры на величину  $\Delta T$  изменения давления в верхней и нижней частях сосуда будут равны  $\Delta p_1 = \frac{\nu R \Delta T}{2SH}$  и  $\Delta p_2 = \frac{\nu R \Delta T}{SH}$ , соответственно. В момент начала движения поршня сила натяжения нити, на которой он подвешен, обращается в ноль. Поэтому условие равновесия поршня для этого момента приобретает вид:

$$(p_1 + \Delta p_1)S + mg = (p_2 + \Delta p_2)S.$$

Вычитая из первого записанного уравнения второе, получим:  $\Delta p_1 S = \Delta p_2 S - F$ , откуда  $F = (\Delta p_2 - \Delta p_1)S = \frac{\nu R \Delta T}{2H}$ .

Так как газ в сосуде нагревается при постоянном объеме, то, в соответствии с первым законом термодинамики, ему сообщается количество теплоты  $\Delta Q = \frac{3}{2} \cdot 2\nu \cdot R \Delta T = 3\nu R \Delta T$ . Исключая из двух последних формул произведение  $\nu R \Delta T$ , находим:

$$\Delta Q = 3\nu R \Delta T = 6FH.$$

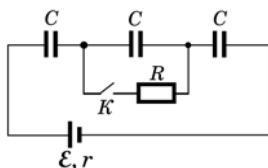
Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $\Delta Q = 30$  Дж. Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

Ответ:  $\Delta Q = 6FH = 30$  Дж.

Критерии оценки выполнения задания	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 – уравнение Клапейрона–Менделеева для газа, условие равновесия поршня, первое начало термодинамики для процесса изохорического нагревания газа);</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 один из следующих недостатков:</p> <p>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– 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, <u>применение которых необходимо для решения задачи</u>, 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 <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</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– 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.</p>	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
---	---

**С4** Три одинаковых изначально не заряженных конденсатора емкостью  $C = 0,1 \text{ мкФ}$  каждый соединили в электрическую цепь, схема которой показана на рисунке. Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа  $K$ ? ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$ .



**Образец возможного решения**

Вспользуемся формулой для вычисления емкости при последовательном соединении конденсаторов. В соответствии с ней, до замыкания ключа общая емкость конденсаторов была равна  $C/3$ . Запасенная конденсаторами энергия

составляла  $W_1 = \frac{(C/3)\mathcal{E}^2}{2}$ , а заряд каждого из конденсаторов был равен

$q_1 = C\mathcal{E}/3$ . После замыкания ключа потенциалы обкладок среднего конденсатора выравниваются, и к батарее оказываются последовательно подсоединены два конденсатора. Их общая емкость равна  $C/2$ , запасенная ими

энергия составляет  $W_2 = \frac{(C/2)\mathcal{E}^2}{2}$ , а заряд каждого из конденсаторов

становится равным  $q_2 = C\mathcal{E}/2$ . Таким образом, после замыкания ключа через батарею протекает заряд  $\Delta q = q_2 - q_1 = C\mathcal{E}/6$ . При этом сторонние силы батареи совершают работу  $A = \Delta q\mathcal{E} = C\mathcal{E}^2/6$ . В соответствии с законом сохранения энергии эта работа расходуется на увеличение энергии конденсаторов и частично превращается в теплоту  $\Delta Q$ , выделяющуюся в резисторе  $R$  и внутри батареи с внутренним сопротивлением  $r$ :

$$A = W_2 - W_1 + \Delta Q.$$

$$\text{Отсюда } \Delta Q = A - W_2 + W_1 = \frac{C\mathcal{E}^2}{6} - \frac{C\mathcal{E}^2}{4} + \frac{C\mathcal{E}^2}{6} = \frac{C\mathcal{E}^2}{12}.$$

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $\Delta Q = 1,2 \text{ мкДж}$ .

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

$$\text{Ответ: } \Delta Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{12} = 1,2 \text{ мкДж}.$$

Критерии оценки выполнения задания	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 – формула для вычисления емкости при последовательном соединении конденсаторов, связь между напряжением на конденсаторе и зарядом на нем, выражение для энергии конденсатора, выражение для работы источника тока, закон сохранения энергии);</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:</p> <p>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– 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, <u>применение которых необходимо</u> 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 <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</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– 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.</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

**С5** Луч света падает на плоский экран под углом  $\alpha = 45^\circ$  и создает на экране светлую точку. Перед экраном на пути луча помещают плоскую стеклянную пластинку, грани которой параллельны экрану. Толщина пластинки  $d = 4$  см, показатель преломления стекла  $n = \sqrt{2,5} \approx 1,58$ . Луч проходит через обе грани пластинки. На какое расстояние сместится на экране светлая точка?

**Образец возможного решения**

Построим ход луча в стеклянной пластинке. Из рисунка видно, что световой луч, проходя через пластинку, не изменяет своего направления, но смещается параллельно самому себе. При этом светлая точка на экране из положения  $A$  смещается в положение  $B$ .

Из рисунка, кроме того, следует, что величина смещения луча параллельно самому себе равна

$$h = \frac{d}{\cos \beta} \cos \left( \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) + \beta \right) = \frac{d \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta} = d(\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \beta)$$

( $\beta$  – угол преломления света при прохождении луча через грань пластинки из воздуха в стекло).

Из закона преломления света находим:  $\sin \alpha = n \sin \beta$ . Отсюда

$$\cos \beta = \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{n}, \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \text{ и } h = d \sin \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right).$$

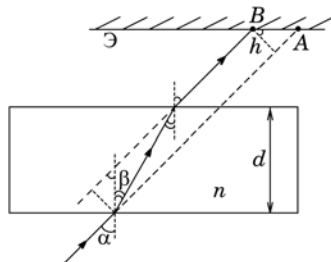
Искомое смещение светлой точки на экране равно

$$s = \left| AB \right| = \frac{h}{\cos \alpha} = d \operatorname{tg} \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right).$$

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $s = 2$  см.

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

$$\text{Ответ: } s = d \operatorname{tg} \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right) = 2 \text{ см.}$$



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно построен ход светового луча, определено его направление после преломления и правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо для решения задачи</u> выбранным способом (в данном решении – <i>закон преломления света</i>);</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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</li> <li style="text-align: center;">ИЛИ</li> <li>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены</li> <li style="text-align: center;">ИЛИ</li> <li>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде</li> <li style="text-align: center;">ИЛИ</li> <li>– решение содержит ошибку в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</li> </ul>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо для решения задачи</u>, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа</li> <li style="text-align: center;">ИЛИ</li> <li>– 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</li> <li style="text-align: center;">ИЛИ</li> <li>– 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.</li> </ul>	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

**С6** Фотон частоты  $\nu = 5 \cdot 10^{18}$  Гц летит вдоль оси  $OX$  и сталкивается с электроном, при этом наблюдается рассеяние фотона на электроне (так называемый эффект Комптона). В результате рассеяния электрон приобретает скорость  $V = 0,2 \cdot 10^8$  м/с, а рассеянный фотон летит в направлении, противоположном направлению оси  $OX$ . Считая, что электрон изначально покоился, найти частоту рассеянного фотона. Какой части шкалы электромагнитных волн соответствует эта частота?

**Образец возможного решения**

Заметим, что скорость, приобретенная электроном в результате рассеяния на нем фотона, намного меньше скорости света в вакууме. Поэтому при описании процесса рассеяния фотона на электроне можно пользоваться классическим выражением для кинетической энергии электрона. Энергия исходного фотона равна  $h\nu$ , а его импульс равен  $h\nu/c$ . Запишем закон сохранения проекции импульса на ось  $OX$  для системы «фотон + электрон»:

$$\frac{h\nu}{c} = mV - \frac{h\nu'}{c}$$
 Здесь  $m$  – масса электрона,  $\nu'$  – искомая частота рассеянного фотона. Знак «минус» в правой части уравнения соответствует движению рассеянного фотона в направлении, противоположном направлению оси  $OX$ . Закон сохранения энергии для указанной системы имеет вид:  $h\nu = \frac{mV^2}{2} + h\nu'$ . Решая полученную

систему уравнений, находим: 
$$\nu' = \frac{mV}{2h} \left( c - \frac{V}{2} \right)$$

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $\nu' \approx 4 \cdot 10^{18}$  Гц. Согласно шкале электромагнитных волн, это соответствует рентгеновскому излучению.

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

Ответ:  $\nu' = \frac{mV}{2h} \left( c - \frac{V}{2} \right) \approx 4 \cdot 10^{18}$  Гц.

Критерии оценки выполнения задания	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 – выражение для энергии и импульса фотона, законы сохранения импульса и энергии для системы «фотон + электрон»); 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) Правильно определено, какой части шкалы электромагнитных волн соответствует найденная частота рассеянного фотона.	3
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.	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

### Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

**C1** Медный стержень укреплен на штативе в горизонтальном положении. К нижней поверхности стержня на равных расстояниях друг от друга приклеены маленькими кусочками воска тяжелые стальные шарики. Один конец стержня начинают нагревать пламенем газовой горелки. 1) Опишите, что будет происходить с шариками, и объясните это явление. 2) Что изменится, если нагревать конец медного стержня не одной, а сразу двумя такими же горелками? 3) Что изменится по сравнению с первым опытом, если заменить медный стержень на стальной и нагревать его конец одной такой же горелкой? Во всех трех опытах начальные температуры стержней одинаковы.

#### Образец возможного решения

1) При нагревании конца стержня горелкой стержню постоянно сообщается теплота. Эта теплота вследствие теплопроводности будет распространяться по стержню в сторону его менее нагретого конца. Из-за этого стержень будет постепенно прогреваться, но температура его разных частей будет различной. Части, которые находятся ближе к горелке, будут иметь более высокую температуру, чем части, находящиеся дальше от горелки. Воск является легкоплавким веществом. В тех местах стержня, в которых температура станет близкой к температуре плавления воска, он размягчится и перестанет удерживать шарик. В результате шарик оторвется от стержня и упадет. Таким образом, при нагревании конца медного стержня горелкой сначала упадет шарик, находящийся ближе всего к горелке, затем, через некоторое время – следующий за ним шарик и так далее до тех пор, пока не упадет наиболее удаленный от горелки шарик. К этому моменту стержень прогреется по всей длине.

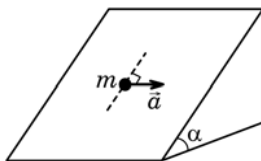
2) Если нагревать конец медного стержня не одной, а сразу двумя такими же горелками, то передающееся стержню количество теплоты будет почти в два раза больше (часть теплоты неизбежно расходуется на нагрев штатива и окружающего воздуха). Поэтому процесс теплопроводности будет проходить быстрее, чем в первом опыте. Следовательно, первый шарик по сравнению с первым опытом упадет раньше, и интервалы между падениями следующих шариков тоже уменьшатся.

3) Сталь проводит теплоту хуже, чем медь. Поэтому если заменить медный стержень на стальной и нагревать его конец одной горелкой (такой же, как в первом опыте), то процесс теплопроводности будет проходить медленнее, чем в первом опыте. Следовательно, первый шарик по сравнению с первым опытом упадет позже, и интервалы между падениями следующих шариков тоже увеличатся.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>описание поведения шариков во всех трех опытах</i> ), и дано полное верное объяснение причин наблюдаемых эффектов со ссылкой на необходимые физические явления (в данном случае – на <i>явление теплопроводности и его зависимость от рода материала и интенсивности нагревания</i> ).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> 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 полно описаны существенные черты физических явлений, понимание которых необходимо для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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 <u>правильный</u> 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**

Тело массой  $m = 1$  кг удерживали на гладкой закрепленной плоскости, наклоненной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Какую по модулю силу  $F$ , параллельную плоскости, надо приложить к телу, чтобы оно в дальнейшем двигалось с ускорением  $a = 5 \text{ м/с}^2$ , направленным горизонтально, поперек наклонной плоскости? Ответ округлите до целых.



**Образец возможного решения**

Применим для решения задачи второй закон Ньютона. Для того чтобы тело могло двигаться так, как описано в условии задачи, искомая сила  $F$  должна иметь две составляющие. Одна составляющая  $F_1$  должна быть направлена параллельно наклонной плоскости вверх, вдоль нее, и уравновешивать действующую вниз по этому направлению проекцию силы тяжести, то есть  $F_1 = mg \sin \alpha$ . Другая составляющая  $F_2$  должна быть направлена параллельно наклонной плоскости поперек нее, в горизонтальном направлении, и обеспечивать движение с постоянным ускорением  $a$ , то есть  $F_2 = ma$ . Так как составляющие  $F_1$  и  $F_2$  взаимно перпендикулярны, то модуль искомой силы  $F$  может быть найден при помощи теоремы Пифагора:  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = m\sqrt{g^2 \sin^2 \alpha + a^2}$ . Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $F = 5\sqrt{2} \text{ Н} \approx 7 \text{ Н}$ .

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

Ответ:  $F = m\sqrt{a^2 + g^2 \sin^2 \alpha} = 5\sqrt{2} \text{ Н} \approx 7 \text{ Н}$ .

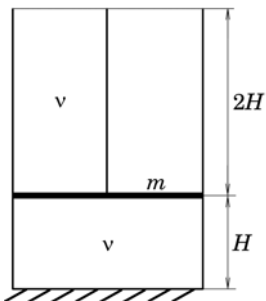
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие соотношения, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – второй закон Ньютона в проекциях на направления вдоль и поперек наклонной плоскости; выражение, связывающее модуль силы с ее взаимно перпендикулярными составляющими); 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



С3

Внутри закрытого вертикального цилиндрического сосуда с теплопроводящими стенками находится тонкий тяжелый горизонтальный поршень, который может двигаться без трения. Поршень подвешен на легкой вертикальной нерастяжимой нити, прикрепленной к центру верхней крышки сосуда. Расстояние между дном сосуда и поршнем составляет  $H = 50$  см, а между поршнем и крышкой сосуда – вдвое больше. В сосуде под поршнем и над поршнем находятся при одинаковой температуре равные количества идеального одноатомного газа. При этом сила натяжения нити равна  $F = 10$  Н. Сосуд с газом медленно нагревают. Какое количество теплоты нужно сообщить всему газу в сосуде для того, чтобы поршень начал подниматься вверх?



**Образец возможного решения**

Пусть в каждой из частей сосуда находится  $n$  молей газа при температуре  $T$ . Обозначим площадь поршня через  $S$ , а его массу через  $m$ . Тогда, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, давление в верхней части сосуда равно  $p_1 = \frac{\nu RT}{2SH}$ , а в нижней части сосуда оно равно  $p_2 = \frac{\nu RT}{SH}$ . Так как поршень находится в равновесии, то в соответствии со вторым законом Ньютона сумма действующих на него сил равна нулю:

$$p_1 S + mg = p_2 S + F.$$

После нагревания газа при неподвижном поршне и увеличения его температуры на величину  $\Delta T$  изменения давления в верхней и нижней частях сосуда будут равны  $\Delta p_1 = \frac{\nu R \Delta T}{2SH}$  и  $\Delta p_2 = \frac{\nu R \Delta T}{SH}$ , соответственно. В момент начала движения поршня сила натяжения нити, на которой он подвешен, обращается в ноль. Поэтому условие равновесия поршня для этого момента приобретает вид:

$$(p_1 + \Delta p_1)S + mg = (p_2 + \Delta p_2)S.$$

Вычитая из первого записанного уравнения второе, получим:  $\Delta p_1 S = \Delta p_2 S - F$ , откуда  $F = (\Delta p_2 - \Delta p_1)S = \frac{\nu R \Delta T}{2H}$ .

Так как газ в сосуде нагревается при постоянном объеме, то, в соответствии с первым законом термодинамики, ему сообщается количество теплоты  $\Delta Q = \frac{3}{2} \cdot 2\nu \cdot R \Delta T = 3\nu R \Delta T$ . Исключая из двух последних формул произведение  $\nu R \Delta T$ , находим:

$$\Delta Q = 3\nu R \Delta T = 6FH.$$

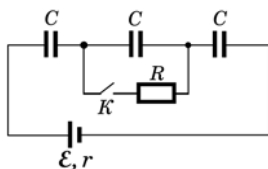
Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $\Delta Q = 30$  Дж. Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

Ответ:  $\Delta Q = 6FH = 30$  Дж.

Критерии оценки выполнения задания	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 – уравнение Клапейрона–Менделеева для газа, условие равновесия поршня, первое начало термодинамики для процесса изохорического нагревания газа);</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 один из следующих недостатков:</p> <p>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– 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, <u>применение которых необходимо для решения задачи</u>, 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 <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</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– 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.</p>	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
---	---

**С4** Три одинаковых изначально не заряженных конденсатора емкостью  $C = 0,1 \text{ мкФ}$  каждый соединили в электрическую цепь, схема которой показана на рисунке. Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа  $K$ ? ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$ .



**Образец возможного решения**

Вспользуемся формулой для вычисления емкости при последовательном соединении конденсаторов. В соответствии с ней, до замыкания ключа общая емкость конденсаторов была равна  $C/3$ . Запасенная конденсаторами энергия составляла  $W_1 = \frac{(C/3)\mathcal{E}^2}{2}$ , а заряд каждого из конденсаторов был равен  $q_1 = C\mathcal{E}/3$ . После замыкания ключа потенциалы обкладок среднего конденсатора выравниваются, и к батарее оказываются последовательно подсоединены два конденсатора. Их общая емкость равна  $C/2$ , запасенная ими энергия составляет  $W_2 = \frac{(C/2)\mathcal{E}^2}{2}$ , а заряд каждого из конденсаторов становится равным  $q_2 = C\mathcal{E}/2$ . Таким образом, после замыкания ключа через батарею протекает заряд  $\Delta q = q_2 - q_1 = C\mathcal{E}/6$ . При этом сторонние силы батареи совершают работу  $A = \Delta q\mathcal{E} = C\mathcal{E}^2/6$ . В соответствии с законом сохранения энергии эта работа расходуется на увеличение энергии конденсаторов и частично превращается в теплоту  $\Delta Q$ , выделяющуюся в резисторе  $R$  и внутри батареи с внутренним сопротивлением  $r$ :  $A = W_2 - W_1 + \Delta Q$ .

$$\text{Отсюда } \Delta Q = A - W_2 + W_1 = \frac{C\mathcal{E}^2}{6} - \frac{C\mathcal{E}^2}{4} + \frac{C\mathcal{E}^2}{6} = \frac{C\mathcal{E}^2}{12}.$$

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $\Delta Q = 1,2 \text{ мкДж}$ . Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

$$\text{Ответ: } \Delta Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{12} = 1,2 \text{ мкДж}.$$

Критерии оценки выполнения задания	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 – формула для вычисления емкости при последовательном соединении конденсаторов, связь между напряжением на конденсаторе и зарядом на нем, выражение для энергии конденсатора, выражение для работы источника тока, закон сохранения энергии);</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:</p> <p>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– 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, <u>применение которых необходимо</u> 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 <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</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– 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.</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

**С5** Луч света падает на плоский экран под углом  $\alpha = 45^\circ$  и создает на экране светлую точку. Перед экраном на пути луча помещают плоскую стеклянную пластинку, грани которой параллельны экрану. Толщина пластинки  $d = 4$  см, показатель преломления стекла  $n = \sqrt{2,5} \approx 1,58$ . Луч проходит через обе грани пластинки. На какое расстояние сместится на экране светлая точка?

**Образец возможного решения**

Построим ход луча в стеклянной пластинке. Из рисунка видно, что световой луч, проходя через пластинку, не изменяет своего направления, но смещается параллельно самому себе. При этом светлая точка на экране из положения А смещается в положение В.

Из рисунка, кроме того, следует, что величина смещения луча параллельно самому себе равна

$$h = \frac{d}{\cos \beta} \cos \left( \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) + \beta \right) = \frac{d \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta} = d(\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \beta)$$

( $\beta$  – угол преломления света при прохождении луча через грань пластинки из воздуха в стекло).

Из закона преломления света находим:  $\sin \alpha = n \sin \beta$  . Отсюда

$$\cos \beta = \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{n}, \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \text{ и } h = d \sin \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right).$$

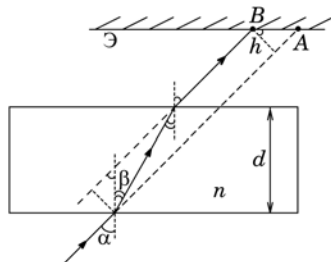
Искомое смещение светлой точки на экране равно

$$s = \left| AB \right| = \frac{h}{\cos \alpha} = d \operatorname{tg} \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right).$$

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $s = 2$  см.

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

$$\text{Ответ: } s = d \operatorname{tg} \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right) = 2 \text{ см.}$$



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно построен ход светового луча, определено его направление после преломления и правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо для решения задачи</u> выбранным способом (в данном решении – <u>закон преломления света</u>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к <u>правильному числовому ответу</u>, 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решение содержит ошибку в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</li> </ul>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо для решения задачи</u>, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 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</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 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.</li> </ul>	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

**С6** Фотон частоты  $\nu = 5 \cdot 10^{18}$  Гц летит вдоль оси  $OX$  и сталкивается с электроном, при этом наблюдается рассеяние фотона на электроне (так называемый эффект Комптона). В результате рассеяния электрон приобретает скорость  $V = 0,2 \cdot 10^8$  м/с, а рассеянный фотон летит в направлении, противоположном направлению оси  $OX$ . Считая, что электрон изначально покоился, найти частоту рассеянного фотона. Какой части шкалы электромагнитных волн соответствует эта частота?

**Образец возможного решения**

Заметим, что скорость, приобретенная электроном в результате рассеяния на нем фотона, намного меньше скорости света в вакууме. Поэтому при описании процесса рассеяния фотона на электроне можно пользоваться классическим выражением для кинетической энергии электрона. Энергия исходного фотона равна  $h\nu$ , а его импульс равен  $h\nu/c$ . Запишем закон сохранения проекции импульса на ось  $OX$  для системы «фотон + электрон»:

$$\frac{h\nu}{c} = mV - \frac{h\nu'}{c}$$
 Здесь  $m$  – масса электрона,  $\nu'$  – искомая частота рассеянного фотона. Знак «минус» в правой части уравнения соответствует движению рассеянного фотона в направлении, противоположном направлению оси  $OX$ . Закон сохранения энергии для указанной системы имеет вид:  $h\nu = \frac{mV^2}{2} + h\nu'$ . Решая полученную

систему уравнений, находим: 
$$\nu' = \frac{mV}{2h} \left( c - \frac{V}{2} \right)$$

Подставляя числа и проверяя размерность, находим ответ:  $\nu' \approx 4 \cdot 10^{18}$  Гц. Согласно шкале электромагнитных волн, это соответствует рентгеновскому излучению.

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

Ответ:  $\nu' = \frac{mV}{2h} \left( c - \frac{V}{2} \right) \approx 4 \cdot 10^{18}$  Гц.

Критерии оценки выполнения задания	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 – выражение для энергии и импульса фотона, законы сохранения импульса и энергии для системы «фотон + электрон»); 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) Правильно определено, какой части шкалы электромагнитных волн соответствует найденная частота рассеянного фотона.	3
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.	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