

Ответы к заданиям

№ задания	Ответ
13	влево
19	7, 14
22	$(0,150 \pm 0,005)$ мм

Ответы к заданиям

№ задания	Ответ
13	вверх
19	6, 7
22	$(0,180 \pm 0,003)$ мм

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

28

Длительность светового дня – это время, в течение которого из-за горизонта «высовывается» хотя бы малая часть солнечного диска. Эта величина рассчитывается для каждой точки на поверхности Земли и приводится в астрономических справочниках и календарях. Однако наблюдаемая длительность светового дня немного превышает теоретическую – табличную. Объясните, руководствуясь известными физическими законами и закономерностями, почему это происходит.

Возможное решение

1. В вакууме солнечные лучи распространяются прямолинейно со скоростью света, причём абсолютный показатель преломления $n = 1$.
2. У атмосферного воздуха показатель преломления n_v немного больше единицы, и с ростом высоты над поверхностью Земли он постепенно уменьшается, стремясь к единице.
3. На «границе дня и ночи» в каждой точке Земли солнечные лучи «скользят» параллельно горизонтальной поверхности (синус угла падения α в вакууме равен единице) и, попадая в атмосферу, испытывают, согласно закону преломления света, отклонение, постепенно «загибаясь» вниз, к земле: $n \sin \alpha = 1 = n_v \sin \beta$. Поскольку $n_v > 1$, то $\sin \beta < 1$, и угол преломления $\beta < \pi/2$.
4. Солнечные лучи, таким образом, «загибаются» за горизонт, и кусочек Солнца вечером можно видеть дольше, а утром Солнце появляется раньше, чем в отсутствие атмосферы и преломления света в ней. Это и приводит к увеличению наблюдаемой продолжительности дня.

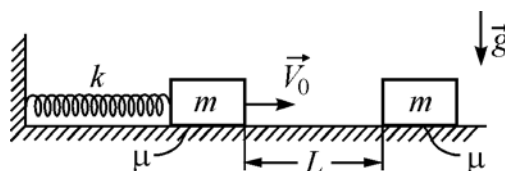
Ответ: явление связано с преломлением солнечных лучей в атмосфере Земли

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>указано, что явление связано с преломлением солнечных лучей в атмосфере Земли</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>использование закона преломления света на границе атмосферы Земли для «скользящих» лучей</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)	2

<p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

29

На горизонтальной шероховатой плоскости (коэффициент трения равен μ) покоятся два одинаковых груза массой m на расстоянии L друг от друга, один из которых соединён со стенкой лёгкой нерастянутой горизонтальной пружиной жёсткостью k (см. рисунок). Левому грузу сообщили в некоторый момент начальную скорость V_0 в направлении правого, после чего грузы испытали абсолютно упругое лобовое столкновение. На какое расстояние l сместится после столкновения правый груз?



Возможное решение	
<p>1. Согласно закону изменения механической энергии, перед столкновением левый груз будет иметь скорость V и кинетическую энергию, равную разности своей начальной кинетической энергии и суммы потенциальной энергии растянутой на расстояние L лёгкой пружины и работы против силы трения скольжения: $\frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{kL^2}{2} - \mu mgL > 0$. Здесь использованы выражения для кинетической энергии груза, потенциальной энергии растянутой пружины, закон Амонтона–Кулона для силы сухого трения и равенство силы нормального давления груза на плоскость весу груза.</p> <p>2. При абсолютно упругом лобовом столкновении одинаковых грузов, как следует из законов сохранения механической энергии и импульса, грузы обмениваются скоростями: левый останавливается, а правый приобретает скорость V и кинетическую энергию $\frac{mV^2}{2}$.</p> <p>3. При дальнейшем скольжении правого груза эта энергия расходуется на работу против силы трения: $\frac{mV^2}{2} = \mu mgl$, откуда с учётом выражения для $\frac{mV^2}{2}$ получаем, что $l = \frac{mV_0^2 - kL^2 - 2\mu mgL}{2\mu mg}$. Полученный ответ справедлив при выполнении условия $\frac{mV_0^2}{2} > \frac{kL^2}{2} + \mu mgL$, которое заведомо справедливо потому, что, согласно условию задачи, грузы сталкиваются.</p> <p>Ответ: $l = \frac{mV_0^2 - kL^2 - 2\mu mgL}{2\mu mg}$</p>	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>законы изменения и сохранения механической энергии и импульса, выражение для энергии упругой деформации пружины, закон Амонтона–Кулона для силы сухого трения и выражение для работы против этой силы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p>	3

<p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в 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</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

30

Многие сельские дома отапливаются в настоящее время при помощи электрообогревателей, что обходится достаточно дорого. При этом совершаемая электрическим током работа A превращается в равное ей количество теплоты Q , и батареи отопления нагреваются до температуры $T_1 = 60^\circ\text{C}$. Однако расходы можно значительно снизить, если использовать эту работу A для перекачки теплоты $Q_{\text{хол.}}$ от внешнего теплового резервуара, имеющего температуру $T_2 = 0^\circ\text{C}$ (например, от незамерзающего зимой пруда), к батареям, выделяя в них количество теплоты $Q_{\text{нагр.}}$. Во сколько раз n при этом количество теплоты $Q_{\text{нагр.}}$ превышает $Q = A$, если перекачивающее теплоту устройство работает по идеальному циклу Карно, запущенному в обратном направлении, а температура батарей остаётся равной T_1 ? Считайте, что в идеальной тепловой машине все процессы обратимые, так что при запуске её в обратном направлении знаки всех энергетических вкладов (работы и количеств теплоты) просто поменяются, а соотношения между ними останутся прежними.

Возможное решение

1. Согласно первому закону термодинамики, $A = Q_{\text{нагр.}} - Q_{\text{хол.}}$. Здесь мы считаем все величины положительными, а знаки разных вкладов учитываем при написании уравнений.
2. Согласно второму закону термодинамики, КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, $\eta = 1 - Q_{\text{хол.}}/Q_{\text{нагр.}} = 1 - T_2/T_1$, откуда $Q_{\text{нагр.}} = Q_{\text{хол.}} T_1/T_2$, где $Q_{\text{хол.}} = Q_{\text{нагр.}} - A$.
3. В идеальной тепловой машине все процессы обратимые. Как указано в условии задачи, при запуске её в обратном направлении знаки всех энергетических вкладов просто поменяются, а соотношения между ними останутся прежними. В частности, из написанных уравнений следует, что $Q_{\text{нагр.}} = AT_1/(T_1 - T_2)$.
4. Окончательно получаем: $n = Q_{\text{нагр.}}/A = T_1/(T_1 - T_2) = 333/60 = 5,55$. Это очень выгодно по сравнению с простыми электрообогревателями, КПД которых равен единице!

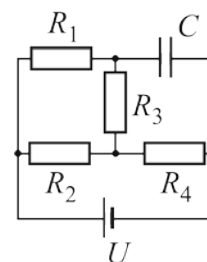
Ответ: $n = T_1/(T_1 - T_2) = 5,55$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первый и второй законы термодинамики, выражения для КПД теплового двигателя и идеального теплового двигателя – цикла Карно</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений)	3

<p>величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в 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</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

31

Найдите заряд q конденсатора ёмкостью $C = 5$ мкФ в цепи, схема которой изображена на рисунке. Сопротивления резисторов равны $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 1$ Ом, $R_4 = 2,5$ Ом, источник постоянного напряжения идеальный, $U = 4$ В.



Возможное решение

Эта задача решается значительно проще не в общем виде, а при последовательной подстановке числовых данных в промежуточных расчетах.

1. Резисторы R_1 и R_3 , соединённые последовательно, включены параллельно резистору R_2 , и весь этот участок соединён последовательно с резистором R_4 . Полное сопротивление цепи, подключённой к источнику, по формулам для последовательного и параллельного соединения резисторов равно $R = R_2(R_1 + R_3)/(R_1 + R_2 + R_3) + R_4 = 4$ Ом.
2. Постоянный ток через конденсатор не идёт, а его заряд определяется напряжением U_C на нём: $q = CU_C$, где U_C равно сумме падений напряжения на резисторах R_3 и R_4 .
3. В соответствии с законами Ома для участка цепи и для полной цепи через R_4 течёт ток $I = U/R = 1$ А, создающий на нём падение напряжения $U_4 = IR_4 = 2,5$ В.
4. Падение напряжения на резисторе R_3 равно $U_3 = I_3 R_3$, причём в соответствии с отношением сопротивлений R_2 и $R_1 + R_3$, соединённых параллельно, делится на части полный ток $I = I_2 + I_3$. Поскольку $I_2 R_2 = I_3(R_2 + R_3)$, получаем $I_3 = IR_2/(R_1 + R_2 + R_3) = 0,5$ А и $U_3 = I_3 R_3 = 0,5$ В.
5. Таким образом, $U_C = U_3 + U_4 = 3$ В и $q = CU_C = 15$ мкКл.

Ответ: $q = 15$ мкКл

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>правила расчёта сопротивления для параллельного и последовательного соединения проводников, законы Ома для полной цепи и для участка цепи, связь напряжения и заряда конденсатора</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и</p>	3

<p>расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в 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</p>	0
Максимальный балл	3

32

Для межпланетных полётов в космосе предлагают использовать «солнечный парус» – большое зеркало, расположенное перпендикулярно солнечным лучам. При их отражении от этого зеркала возникает сила в направлении падающих лучей, которая может ускорять космический корабль. Оцените эту силу F при следующих предположениях: площадь полностью отражающего свет зеркала равна $S = 1000 \text{ м}^2$, а солнечная постоянная в месте нахождения корабля с зеркалом $C = 1,5 \text{ кВт/м}^2$. Солнечная постоянная – это энергия фотонов, падающих в единицу времени на единицу площади поверхности, перпендикулярной лучам света от Солнца.

Возможное решение	
1.	Согласно определению солнечной постоянной, $C = nEc$, где n – концентрация фотонов, c – скорость света в вакууме, а E – энергия одного фотона.
2.	Поскольку связь энергии E и импульса p фотона имеет вид $E = pc$, то $C = nrc \cdot c$, откуда плотность потока импульса фотонов (то есть импульс, приносимый фотонами за единицу времени к единице площади) равна $nrc = C/c$.
3.	Согласно второму закону Ньютона, сила равна скорости изменения импульса всех фотонов, падающих за единицу времени на площадь S , то есть $nrc \cdot S$.
4.	Поскольку зеркало полностью отражает свет, то импульс каждого фотона изменяется на $2p$, и $F = 2CS/c = 0,01 \text{ Н}$.
Ответ: $F = 2CS / c = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$.	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражения для плотности потока энергии фотонов, связи энергии и импульса фотона, а также второй закон Ньютона в импульсной формулировке</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в 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	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

28

Время восхода и заката Солнца рассчитывается для каждой точки на поверхности Земли и приводится в астрономических справочниках и календарях. Однако наблюдаемые времена немного отличаются от теоретических – табличных: Солнце встаёт чуть раньше, а заходит чуть позже, увеличивая длительность светового дня. Объясните, руководствуясь известными физическими законами и закономерностями, почему это происходит.

Возможное решение

1. В вакууме солнечные лучи распространяются прямолинейно со скоростью света, причём абсолютный показатель преломления $n = 1$.
2. У атмосферного воздуха показатель преломления n_v немного больше единицы, и с ростом высоты над поверхностью Земли он постепенно уменьшается, стремясь к единице.
3. На «границе дня и ночи» в каждой точке Земли солнечные лучи «скользят» параллельно горизонтальной поверхности (синус угла падения α в вакууме равен единице) и, попадая в атмосферу, испытывают, согласно закону преломления света, отклонение, постепенно «загибаясь» вниз, к земле: $n \sin \alpha = 1 = n_v \sin \beta$. Поскольку $n_v > 1$, то $\sin \beta < 1$ и угол преломления $\beta < \pi/2$.
4. Солнечные лучи, таким образом, «загибаются» за горизонт, и кусочек Солнца вечером можно видеть дольше, а утром Солнце появляется раньше, чем в отсутствие атмосферы и преломления света в ней. Это и приводит к увеличению наблюдаемой продолжительности дня.

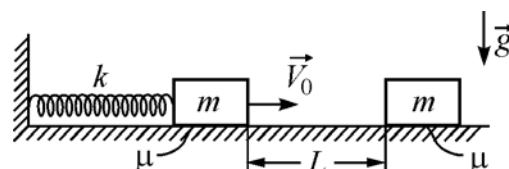
Ответ: явление связано с преломлением солнечных лучей в атмосфере Земли

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>указано, что явление связано с преломлением солнечных лучей в атмосфере Земли</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>использование закона преломления света на границе атмосферы Земли для «скользящих» лучей</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)	2

<p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

29

На горизонтальной шероховатой плоскости покоятся два одинаковых груза массой m на расстоянии L друг от друга, один из которых соединён со стенкой лёгкой нерастянутой горизонтальной пружиной жёсткостью k (см. рисунок). Левому грузу сообщили в некоторый момент начальную скорость V_0 в направлении правого, после чего они испытали абсолютно упругое лобовое столкновение, и правый груз после него сместился на расстояние l . Чему равен коэффициент трения μ грузов о плоскость?



Возможное решение	
<p>1. Согласно закону изменения механической энергии, перед столкновением левый груз будет иметь скорость V и кинетическую энергию, равную разности своей начальной кинетической энергии и суммы потенциальной энергии растянутой на расстояние L лёгкой пружины и работы против силы трения скольжения: $\frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{kL^2}{2} - \mu mgL$. Здесь использованы выражения для кинетической энергии груза, потенциальной энергии растянутой пружины, закон Амонтона–Кулона для силы сухого трения и равенство силы нормального давления груза на плоскость весу груза.</p> <p>2. При абсолютно упругом лобовом столкновении одинаковых грузов, как следует из законов сохранения механической энергии и импульса, грузы обмениваются скоростями: левый останавливается, а правый приобретает скорость V и кинетическую энергию $\frac{mV^2}{2}$.</p> <p>3. При дальнейшем скольжении правого груза эта энергия расходуется на работу против силы трения: $\frac{mV^2}{2} = \mu mgl$, откуда с учётом выражения для $\frac{mV^2}{2}$ получаем, что $\mu = \frac{mV_0^2 - kL^2}{2mg(L + l)}$. Полученный ответ справедлив при выполнении условия $\frac{mV_0^2}{2} > \frac{kL^2}{2}$, которое заведомо справедливо потому, что, согласно условию задачи, грузы сталкиваются.</p> <p>Ответ: $\mu = \frac{mV_0^2 - kL^2}{2mg(L + l)}$</p>	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>законы изменения и сохранения механической энергии и импульса, выражение для энергии упругой деформации пружины, закон Амонтона–Кулона для силы сухого трения и выражение для работы против этой силы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p>	3

<p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в 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</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

30

Многие дачные дома отапливаются в настоящее время при помощи электрообогревателей, что обходится достаточно дорого. При этом совершаемая электрическим током работа A превращается в равное ей количество теплоты Q , и батареи отопления нагреваются до температуры $T_1 = 50^\circ\text{C}$. Однако расходы можно значительно снизить, если использовать эту работу A для перекачки теплоты $Q_{\text{хол.}}$ от внешнего теплового резервуара, имеющего температуру $T_2 = 4^\circ\text{C}$ (например, от дна незамерзающего зимой пруда), к батареям, выделяя в них количество теплоты $Q_{\text{нагр.}}$. Во сколько раз n при этом количество теплоты $Q_{\text{нагр.}}$ превышает $Q = A$, если перекачивающее теплоту устройство работает по идеальному циклу Карно, запущенному в обратном направлении, а температура батарей остаётся равной T_1 ? Считайте, что в идеальной тепловой машине все процессы обратимые, так что при запуске её в обратном направлении знаки всех энергетических вкладов (работы и количеств теплоты) просто поменяются, а соотношения между ними останутся прежними.

Возможное решение

1. Согласно первому закону термодинамики, $A = Q_{\text{нагр.}} - Q_{\text{хол.}}$. Здесь мы считаем все величины положительными, а знаки разных вкладов учитываем при написании уравнений.
2. Согласно второму закону термодинамики, КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, $\eta = 1 - Q_{\text{хол.}}/Q_{\text{нагр.}} = 1 - T_2/T_1$, откуда $Q_{\text{нагр.}} = Q_{\text{хол.}} T_1/T_2$, где $Q_{\text{хол.}} = Q_{\text{нагр.}} - A$.
3. В идеальной тепловой машине все процессы обратимые. Как указано в условии задачи, при запуске её в обратном направлении знаки всех энергетических вкладов просто поменяются, а соотношения между ними останутся прежними. В частности, из написанных уравнений следует, что $Q_{\text{нагр.}} = AT_1/(T_1 - T_2)$.
4. Окончательно получаем: $n = Q_{\text{нагр.}}/A = T_1/(T_1 - T_2) = 323/46 \approx 7$. Это очень выгодно по сравнению с простыми электрообогревателями, КПД которых равен единице!

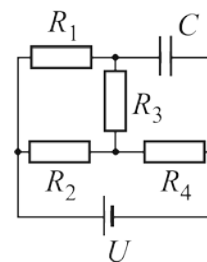
Ответ: $n = T_1/(T_1 - T_2) = 7$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первый и второй законы термодинамики, выражения для КПД теплового двигателя и идеального теплового двигателя – цикла Карно</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии</i>)	3

задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в 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	0
Максимальный балл	3

31

Найдите заряд q конденсатора ёмкостью $C = 10$ мкФ в цепи, схема которой изображена на рисунке. Сопротивления резисторов равны $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 2$ Ом, источник постоянного напряжения идеальный, $U = 6$ В.



Возможное решение

Эта задача решается значительно проще не в общем виде, а при последовательной подстановке числовых данных в промежуточных расчётах.

1. Резисторы R_1 и R_3 , соединённые последовательно, включены параллельно резистору R_2 , и весь этот участок соединён последовательно с резистором R_4 . Полное сопротивление цепи, подключённой к источнику, по формулам для последовательного и параллельного соединения резисторов равно $R = R_2(R_1 + R_3)/(R_1 + R_2 + R_3) + R_4 = 4$ Ом.
2. Постоянный ток через конденсатор не идёт, а его заряд определяется напряжением U_C на нём: $q = CU_C$, где U_C равно сумме падений напряжения на резисторах R_3 и R_4 .
3. В соответствии с законами Ома для участка цепи и для полной цепи через R_4 течёт ток $I = U/R = 1,5$ А, создающий на нём падение напряжения $U_4 = IR_4 = 3$ В.
4. Падение напряжения на резисторе R_3 равно $U_3 = I_3R_3$, причём в соответствии с отношением сопротивлений R_2 и $R_1 + R_3$, соединённых параллельно, делится на части полный ток $I = I_2 + I_3$. Поскольку $I_2R_2 = I_3(R_1 + R_3)$, получаем $I_3 = IR_2/(R_1 + R_2 + R_3) = 0,75$ А и $U_3 = I_3R_3 = 2,25$ В.
5. Таким образом, $U_C = U_3 + U_4 = 5,25$ В и $q = CU_C = 52,5$ мкКл.

Ответ: $q = 52,5$ мкКл

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>правила расчёта сопротивления для параллельного и последовательного соединения проводников, законы Ома для полной цепи и для участка цепи, связь напряжения и заряда конденсатора</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p>	3

<p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в 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</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

32

Для межпланетных полётов в космосе предлагают использовать «солнечный парус» – большое зеркало, расположенное перпендикулярно солнечным лучам. При их отражении от этого зеркала возникает сила в направлении падающих лучей, которая может ускорять космический корабль. Оцените эту силу F при следующих предположениях: площадь полностью отражающего свет зеркала равна $S = 30\,000\text{ м}^2$, а солнечная постоянная в месте нахождения корабля с зеркалом $C = 1,0\text{ кВт/м}^2$. Солнечная постоянная – это энергия фотонов, падающих в единицу времени на единицу площади поверхности, перпендикулярной лучам света от Солнца.

Возможное решение	
1.	Согласно определению солнечной постоянной, $C = nEc$, где n – концентрация фотонов, c – скорость света в вакууме, а E – энергия одного фотона.
2.	Поскольку связь энергии E и импульса p фотона имеет вид $E = pc$, то $C = nrc \cdot c$, откуда плотность потока импульса фотонов (то есть импульс, приносимый фотонами за единицу времени к единице площади) равна $nrc = C/c$.
3.	Согласно второму закону Ньютона, сила равна скорости изменения импульса всех фотонов, падающих за единицу времени на площадь S , то есть $nrc \cdot S$.
4.	Поскольку зеркало полностью отражает свет, то импульс каждого фотона изменяется на $2p$, и $F = 2CS/c = 0,2\text{ Н}$.
Ответ: $F = 2CS/c = 0,2\text{ Н}$	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражения для плотности потока энергии фотонов, связи энергии и импульса фотона, а также второй закон Ньютона в импульсной формулировке</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p>	3

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в 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	0
<i>Максимальный балл</i>	<i>3</i>