

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

- C1** На кухне во время приготовления пищи могут случаться разные неприятности. Например, если сильно перегреть растительное масло на сковороде, поставленной на газовую плиту, то его пары могут воспламениться от газовой горелки, масло в сковороде тоже начнёт гореть, и его надо будет потушить. Спрашивается чем? Оказывается, что при обычной попытке тушения масла вылитой на него водой возникает столб огня, который может поджечь весь дом. Опишите, основываясь на известных физических законах и закономерностях, процессы, происходящие при такой попытке его «тушения».

Возможное решение

1. Плотность горящего масла, которое находится в сковороде, меньше плотности воды. Поэтому при попытке тушения горящего масла водой она проникает под слой масла, быстро нагревается от сковороды, закипает и испаряется, резко увеличивая свой объём и давление.
2. Пары испарившейся воды, расширяясь, своим давлением выбрасывают и разбрызгивают уже горящее масло, резко увеличивая его поверхность, находящуюся в контакте с кислородом воздуха. В результате реакция горения масла ускоряется, всё это и приводит к образованию столба огня над сковородой.

Критерии оценивания выполнения задания

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 1–2) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае <i>указано явление кипения воды, описана роль большей плотности воды, попадание которой в лёгкое перегретое масло и быстрое последующее испарение с ростом давления приводят к разбрызгиванию горящего масла и образованию столба огня</i>).	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано одно из физических явлений, свойств, определений или не назван один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено указанием на соответствующий закон, свойство, явление, определение и т. п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт.	2

Представлено решение, соответствующее **одному** из следующих случаев.

Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.

ИЛИ

Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

1

0

C2

По горизонтальной плоскости скользит стержень АВ, причём точка О – его середина – обладает в данный момент времени скоростью \vec{V}_O , равной по модулю 4 м/с и направленной вдоль стержня от точки А к точке В. Точка А стержня при этом имеет скорость \vec{V}_A , равную по модулю 5 м/с. Чему равна и как направлена относительно стержня скорость \vec{V}_B точки В в этот момент времени?

Возможное решение

В системе отсчёта, движущейся поступательно и связанной с серединой стержня, его движение является чистым вращением, причём концы стержня, находящиеся на равных расстояниях от его середины, движутся с одинаковыми по модулю скоростями \vec{u} , перпендикулярными стержню.

Скорость любой точки стержня относительно неподвижной системы отсчёта складывается из одинаковой для всех его точек скорости \vec{V}_O центра стержня и скорости вращения этой точки вокруг центра стержня.

Скорость \vec{V}_O направлена от А к В, и вращение стержня может происходить либо по часовой стрелке, либо против неё. В обоих случаях скорость $\vec{V}_A = \vec{V}_O + \vec{u}_A$, скорость $\vec{V}_B = \vec{V}_O + \vec{u}_B$ и обе скорости \vec{u}_A и \vec{u}_B за счёт их противоположного направления перпендикулярно скорости \vec{V}_O и одинаковости по модулю дают одинаковые модули скоростей $V_A = \sqrt{V_O^2 + u_A^2} = V_B = \sqrt{V_O^2 + u_B^2} = 5 \text{ м/с}$. При этом вектор скорости \vec{V}_B

отклонен в горизонтальной плоскости от стержня АВ на такой же угол $\alpha = \arccos \frac{V_O}{V_B} = \arccos \frac{V_O}{V_A} = \arccos \frac{4}{5} = \arccos 0,8 \approx 37^\circ$, как и вектор \vec{V}_A , но в противоположную сторону.

Ответ: Модуль скорости $|\vec{v}_B| = |\vec{v}_A| = 5$ м/с, вектор \vec{v}_B отклонен от стержня АВ на угол $\alpha = \arccos \frac{V_O}{V_A} = \arccos 0,8 \approx 37^\circ$, как и вектор \vec{V}_A , но в противоположную сторону.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>правила сложения скоростей, а также геометрические соотношения</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ.	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	2

Имеются записи, соответствующие **одному** из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо соответствующих преобразований, направленных на решение задачи, и 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 в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

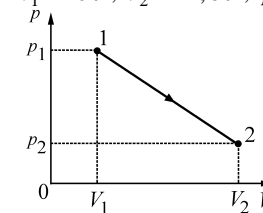
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

1

0

С3

Найдите суммарное количество теплоты ΔQ , полученное и отданное одним молем идеального одноатомного газа при его переводе из состояния 1 в состояние 2 при помощи процесса, который изображается на pV -диаграмме прямой линией (см. рис.). Известны следующие параметры начального и конечного состояний газа: $V_1 = 10$ л, $V_2 = 41,6$ л, $p_1 = 4,15 \cdot 10^5$ Па, $T_2 = 500$ К.



Возможное решение

Согласно первому началу термодинамики $\Delta Q = \Delta U + \Delta A$, где изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа в процессе $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$. Работа газа в данном процессе равна

$$\Delta A = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1).$$

Согласно уравнению состояния идеального газа, то есть уравнению Клапейрона–Менделеева, неизвестное давление

$$p_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2} = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 500}{41,6 \cdot 10^{-3}} \approx 0,9988 \cdot 10^5 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}.$$

Таким образом,

$$\Delta U = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = 1,5 \cdot (0,9988 \cdot 4,16 \cdot 10^3 - 4,15 \cdot 10^3) \approx 7,5 \text{ Дж},$$

$$\Delta A = \frac{p_1 + p_2}{2}(V_2 - V_1) = \frac{4,15 + 0,9988}{2}(41,6 - 10) \cdot 10^2 \approx 8135,1 \text{ Дж},$$

и окончательно получаем: $\Delta Q = \Delta U + \Delta A \approx 7,5 + 8135,1 = 8142,6 \approx 8143 \text{ Дж}$.

Ответ: $\Delta Q \approx 8143 \text{ Дж}$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа, для работы газа, первое начало термодинамики и уравнение Клапейрона–Менделеева</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ.	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	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 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 в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

1

0

С4

Для измерения индукции постоянного магнитного поля иногда используют магнитометры с вращающейся катушкой, которая при помощи скользящих контактов присоединена к чувствительному вольтметру переменного тока. Какое минимальное значение индукции может зафиксировать такой магнитометр, если катушка, вращающаяся равномерно с частотой $\nu = 20 \text{ Гц}$, состоит из $N = 100$ витков тонкого провода, площадь каждого витка $S = 1 \text{ см}^2$, а вольтметр, имеющий очень большое входное сопротивление, обладает чувствительностью по действующему (эффективному) значению напряжения $U_0 = 1 \text{ мкВ}$?

Возможное решение

При вращении катушки в магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, равная по модулю, согласно закону электромагнитной индукции,

$$E = \frac{d\Psi}{dt} = \frac{d(B_n NS)}{dt} = NS \frac{dB_n}{dt}.$$

Проекция B_n вектора \vec{B} на нормаль к плоскости витков катушки максимальна, когда ось вращения катушки перпендикулярна вектору \vec{B} , в этом случае $B_n = B \sin 2\pi\nu t$.

Отсюда для максимальной ЭДС получаем: $E = 2\pi\nu NSB \cos 2\pi\nu t$. Амплитудное значение ЭДС равно, таким образом, $E_0 = 2\pi\nu NSB$, а действующее (эффективное) в $\sqrt{2}$ раз меньше: $E_{0\text{эфф}} = \sqrt{2}\pi\nu NSB$.

Поскольку входное сопротивление вольтметра по условию очень велико, то всё напряжение с катушки, согласно закону Ома для замкнутой цепи, будет

приложено к вольтметру, и минимальное значение индукции, которое может зафиксировать такой магнитометр при оптимальной ориентации оси вращения катушки, равно

$$B_{\min} = \frac{E_{0\text{эфф min}}}{\sqrt{2\pi\nu NS}} = \frac{U_0}{\sqrt{2\pi\nu NS}} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 10^{-4}}} \approx 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Тл} = 1,1 \text{ мкТл.}$$

Ответ: $B_{\min} = \frac{U_0}{\sqrt{2\pi\nu NS}} \approx 1,1 \text{ мкТл.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон электромагнитной индукции, связь амплитудного и действующего (эффективного) значений напряжения и закон Ома для замкнутой цепи);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	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 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 в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

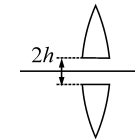
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

1

0

C5

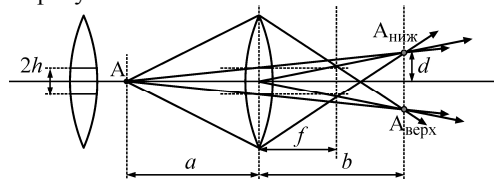
Из собирающей линзы с фокусным расстоянием $f = 20$ см вырезали центральную часть шириной $2h = 1$ см (см. рис.), а затем симметрично сдвинули оставшиеся части до соприкосновения, изготовив так называемую билинзу. Точечный источник света поместили на расстоянии $a = 40$ см от билинзы на её оси симметрии. На каком расстоянии $2d$ друг от друга находятся изображения, даваемые билинзой?



Возможное решение

Заметим, что если удалить у линзы её часть (половину или даже больше), то оставшаяся часть по-прежнему будет формировать изображение, однако его яркость изменится. Поэтому можно рассматривать билинзу как две тонкие линзы, главные оптические оси которых параллельны и сдвинуты на расстояние h относительно оси системы. На рисунке показано построение хода лучей от источника А через каждую из половинок билинзы до двух изображений – верхнего ($A_{\text{ниж}}$), полученного в результате преломления света в нижней части билинзы, и нижнего ($A_{\text{верх}}$), полученного в результате преломления света в верхней части билинзы. Для этого использованы правила построения изображений в тонкой линзе: луч (фиктивный), идущий через оптический центр линзы (реально отсутствующий), не преломляется, а луч, идущий вдоль оси симметрии

системы параллельно главной оптической оси линзы, после преломления проходит через её фокус.



Из подобия треугольников на рисунке следует, что расстояние d от каждого изображения до оси системы можно найти из пропорции: $\frac{d}{h} = \frac{a+b}{a}$, откуда

$$d = h \cdot \frac{a+b}{a}.$$

В соответствии с формулой тонкой линзы $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$, где b – расстояние от билинзы до плоскости двух изображений, откуда $b = \frac{af}{a-f} = \frac{40 \cdot 20}{40-20} = 40 \text{ см} > 0$, то есть изображения действительные и находятся справа от линзы.

Расстояние d от каждого изображения до оси системы, таким образом, равно

$$d = h \cdot \frac{a+b}{a} = h \cdot \frac{a}{a-f} = 0,5 \cdot \frac{40}{40-20} = 1 \text{ см},$$

а расстояние $2d$ между изображениями равно

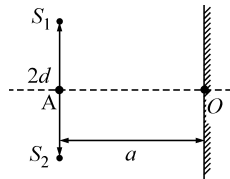
$$2d = 2h \cdot \frac{a+b}{a} = 2h \cdot \frac{a}{a-f} = 2 \text{ см}.$$

Ответ: $2d = 2h \cdot \frac{a}{a-f} = 2 \text{ см}.$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>правила построения изображений в тонкой линзе и формула тонкой линзы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	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 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 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

- С6** Расстояние между двумя точечными монохроматическими когерентными источниками света S_1 и S_2 равно $2d = 2$ мм. Мысленно соединим источники отрезком S_1S_2 и восстановим срединный перпендикуляр к этому отрезку (он пересечет S_1S_2 в точке A). Расположим плоский экран так, чтобы его середина O лежала на указанном срединном перпендикуляре, а сам экран был перпендикулярен отрезку AO (на рисунке экран показан линией со штриховкой). Каков будет период интерференционных полос вблизи точки O , если $|AO| = a = 40$ см, а длина волны света источников равна $\lambda = 500$ нм. Угол ϕ падения интерферирующих лучей на экран можно считать малым, так что $\sin \phi \approx \phi$.



Возможное решение	
<p>Найдём разность хода Δ лучей от двух источников в плоскости экрана вблизи его центра в зависимости от расстояния x точки этой плоскости до точки O (см. рисунок). В центре интерференционной картины разность хода, очевидно, равна нулю и наблюдается интерференционный максимум. При смещении от центра картины на расстояние x один луч укорачивается, а другой удлиняется на величину $\frac{\Delta}{2} \approx x \cdot \sin \frac{\phi}{2} \approx x \cdot \frac{\phi}{2}$, как следует из построения. Таким образом, $\Delta \approx x \cdot \phi$. При этом $\frac{\phi}{2} \approx \frac{d}{a}$, так что $\phi \approx \frac{2d}{a}$ и</p> $\Delta \approx x \cdot \phi = \frac{2d}{a} \cdot x.$ <p>Максимумы в интерференционной картине наблюдаются там, где разность хода интерферирующих лучей $\Delta = m\lambda$, m – целое. Период Δx интерференционных полос вблизи центра экрана определяется минимальным расстоянием по оси x вдоль экрана, при котором разность хода Δ интерферирующих лучей меняется на величину λ, то есть $\Delta \approx \Delta x \cdot \phi = \lambda$, откуда</p> $\Delta x \approx \frac{\lambda}{\phi} \approx \frac{\lambda a}{2d} = \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 0,4}{2 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,1 \text{ мм}.$ <p>Ответ: $\Delta x \approx \frac{\lambda a}{2d} = 0,1 \text{ мм}.$</p>	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>условие возникновения интерференционных максимумов и геометрические соотношения</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ.</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>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 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 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

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

- C1** В телепередаче «Разоблачители мифов» проверялось, можно ли при тушении горящего масла водой получить столб огня высотой 9 метров. Оказалось, что при некоторых условиях – можно! Если сильно перегреть масло (например, растительное) на сковороде, поставленной на газовую плиту (обычная жизненная ситуация), то его пары могут воспламениться от газовой горелки, масло в сковороде тоже начинает гореть, и его надо потушить. При попытке тушения масла вылитой на него водой возникает столб огня, который может поджечь весь дом.
- Опишите, основываясь на известных физических законах и закономерностях, процессы, происходящие при такой попытке его «тушения».

Возможное решение

- Плотность горящего масла, которое находится в сковороде, меньше плотности воды. Поэтому при попытке тушения горящего масла водой она проникает под слой масла, быстро нагревается от сковороды, закипает и испаряется, резко увеличивая свой объём и давление.
- Пары испарившейся воды, расширяясь, своим давлением выбрасывают и разбрызгивают уже горящее масло, резко увеличивая его поверхность, находящуюся в контакте с кислородом воздуха. В результате реакция горения масла ускоряется, всё это и приводит к образованию столба огня над сковородой.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 1–2) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае <i>указано явление кипения воды, описана роль большей плотности воды, попадание которой в лёгкое перегретое масло и быстрое последующее испарение с ростом давления приводят к разбрызгиванию горящего масла и образованию столба огня</i>).	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано одно из физических явлений, свойств, определений или не назван один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено указанием на соответствующий закон, свойство, явление, определение и т. п.). ИЛИ Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт.	2

Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

- C2** По горизонтальной плоскости скользит стержень АВ, причём точка О – его середина – обладает в данный момент времени скоростью \vec{V}_O , равной по модулю 3 м/с и направленной вдоль стержня от точки А к точке В. Точка В стержня при этом имеет скорость \vec{V}_B , равную по модулю 5 м/с. Чему равна и как направлена относительно стержня скорость \vec{V}_A точки А в этот момент времени?

Возможное решение

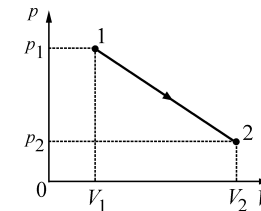
В системе отсчёта, движущейся поступательно и связанной с серединой стержня, его движение является чистым вращением, причём концы стержня, находящиеся на равных расстояниях от его середины, движутся с одинаковыми по модулю скоростями \vec{u} , перпендикулярными стержню. Скорость любой точки стержня относительно неподвижной системы отсчёта складывается из одинаковой для всех его точек скорости \vec{V}_O центра стержня и скорости вращения этой точки вокруг центра стержня. Скорость \vec{V}_O направлена от А к В, и вращение стержня может происходить либо по часовой стрелке, либо против неё. В обоих случаях скорость $\vec{V}_A = \vec{V}_O + \vec{u}_A$, скорость $\vec{V}_B = \vec{V}_O + \vec{u}_B$, и обе скорости \vec{u}_A и \vec{u}_B за счёт их противоположного направления перпендикулярно скорости \vec{V}_O и одинаковости по модулю дают одинаковые модули скоростей $V_A = \sqrt{V_O^2 + u_A^2} = V_B = \sqrt{V_O^2 + u_B^2} = 5$ м/с. При этом вектор скорости \vec{V}_A отклонен в горизонтальной плоскости от стержня АВ на такой же угол

$\alpha = \arccos \frac{V_O}{V_B} = \arccos \frac{V_O}{V_A} = \arccos \frac{3}{5} = \arccos 0,6 \approx 53^\circ$, как и вектор \vec{V}_B , но в противоположную сторону.
Ответ: Модуль скорости $|\vec{V}_A| = |\vec{V}_B| = 5$ м/с, вектор \vec{V}_A отклонен от стержня АВ на угол $\alpha = \arccos \frac{V_O}{V_A} = \arccos 0,6 \approx 53^\circ$, как и вектор \vec{V}_B , но в противоположную сторону.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>правила сложения скоростей, а также геометрические соотношения</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ.	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	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 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 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

- С3** Найдите суммарное количество теплоты ΔQ , полученное и отданное идеальным одноатомным газом в количестве $\nu = 0,1$ моля при его переводе из состояния 1 в состояние 2 при помощи процесса, который изображается на pV -диаграмме прямой линией (см. рис.). Известны следующие параметры начального и конечного состояний газа: $V_1 = 1$ л, $V_2 = 4,16$ л, $p_1 = 4,15 \cdot 10^5$ Па, $T_2 = +227$ °С.



Возможное решение
Согласно первому началу термодинамики $\Delta Q = \Delta U + \Delta A$, где изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа в процессе $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$. Работа газа в данном процессе равна площади трапеции: $\Delta A = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1)$.
Согласно уравнению состояния идеального газа, то есть уравнению Клапейрона–Менделеева, и с учётом того, что $T_2 = +227$ °С = 500 К,

$$\text{неизвестное давление } p_2 = \frac{\nu RT_2}{V_2} = \frac{0,1 \cdot 8,31 \cdot 500}{4,16 \cdot 10^{-3}} \approx 0,9988 \cdot 10^5 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па}.$$

Таким образом,

$$\Delta U = \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) \approx 1,5 \cdot (0,9988 \cdot 4,16 \cdot 10^2 - 4,15 \cdot 1 \cdot 10^2) \approx 0,75 \text{ Дж} - \text{ это}$$

очень близко к 0 Дж, т. е. точки 1 и 2 с высокой точностью лежат на одной изотерме. Поэтому искомое суммарное количество теплоты, полученное и отданное газом, приблизительно равно работе, которую совершил газ в процессе 1–2:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A \approx \Delta A = \frac{p_1 + p_2}{2}(V_2 - V_1) = \frac{4,15 + 1}{2}(4,16 - 1) \cdot 10^2 \approx 814 \text{ Дж}.$$

Ответ: $\Delta Q \approx 814 \text{ Дж}$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа, для работы газа, первое начало термодинамики и уравнение Клапейрона–Менделеева</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ.	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют. ИЛИ Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	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 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 в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

С4 Для измерения индукции постоянного магнитного поля иногда используют магнитометры с вращающейся катушкой, которая при помощи скользящих контактов присоединена к вольтметру переменного тока. Какой чувствительностью по действующему (эффективному) значению напряжения должен обладать такой вольтметр, имеющий очень большое входное сопротивление, чтобы минимальное значение индукции, которое может зафиксировать такой магнитометр, равнялось $B_{\min} = 1 \text{ мкТл}$? Катушка вращается равномерно с частотой $\nu = 100 \text{ Гц}$, состоит из $N = 20$ витков тонкого провода, площадь каждого витка равна $S = 1 \text{ см}^2$.

Возможное решение
При вращении катушки в магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, равная по модулю, согласно закону электромагнитной индукции, $E = \frac{d\Psi}{dt} = \frac{d(B_n NS)}{dt} = NS \frac{dB_n}{dt}.$ Проекция B_n вектора \vec{B} на нормаль к плоскости витков катушки максимальна, когда ось вращения катушки перпендикулярна вектору \vec{B} , в этом случае $B_n = B \sin 2\pi\nu t$. Отсюда для максимальной ЭДС получаем: $E = 2\pi\nu NSB \cos 2\pi\nu t$. Амплитудное значение ЭДС равно, таким образом, $E_0 = 2\pi\nu NSB$, а действующее (эффективное) в $\sqrt{2}$ раз меньше: $E_{0\text{эфф}} = \sqrt{2}\pi\nu NSB$. Поскольку входное сопротивление вольтметра по условию очень велико, то всё напряжение с катушки, согласно закону Ома для замкнутой цепи, будет

приложено к вольтметру, который должен иметь чувствительность по действующему (эффективному) значению напряжения при оптимальной ориентации оси вращения катушки, равную

$$U_0 = E_{0\text{эфф min}} = \sqrt{2}\pi\nu NSB_{\text{min}} = \sqrt{2} \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \approx \\ \approx 0,9 \cdot 10^{-6} \text{ В} = 0,9 \text{ мкВ.}$$

Ответ: $U_0 = \sqrt{2}\pi\nu NSB_{\text{min}} \approx 0,9 \text{ мкВ.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон электромагнитной индукции, связь амплитудного и действующего (эффективного) значений напряжения и закон Ома для замкнутой цепи); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	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 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 в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

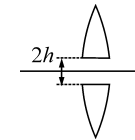
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

1

0

C5

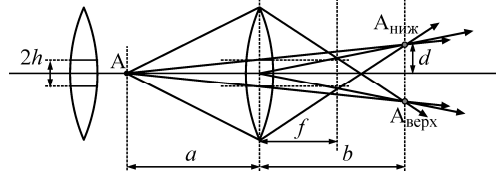
Из собирающей линзы с фокусным расстоянием $f = 15$ см вырезали центральную часть шириной $2h = 2$ см (см. рис.), а затем симметрично сдвинули оставшиеся части до соприкосновения, изготовив так называемую билинзу. Точечный источник света поместили на расстоянии $a = 20$ см от билинзы на её оси симметрии. На каком расстоянии $2d$ друг от друга находятся изображения, даваемые билинзой?



Возможное решение

Заметим, что если удалить у линзы её часть (половину или даже больше), то оставшаяся часть по-прежнему будет формировать изображение, однако его яркость изменится. Поэтому можно рассматривать билинзу как две тонкие линзы, главные оптические оси которых параллельны и сдвинуты на расстояние h относительно оси системы. На рисунке показано построение хода лучей от источника A через каждую из половинок билинзы до двух изображений – верхнего ($A_{\text{ниж}}$), полученного в результате преломления света в нижней части билинзы, и нижнего ($A_{\text{верх}}$), полученного в результате преломления света в верхней части билинзы. Для этого использованы правила построения изображений в тонкой линзе: луч (фиктивный), идущий через оптический центр линзы (реально отсутствующий), не преломляется, а

луч, идущий вдоль оси симметрии системы параллельно главной оптической оси линзы, после преломления проходит через её фокус.



Из подобия треугольников на рисунке следует, что расстояние d от каждого изображения до оси системы можно найти из пропорции: $\frac{d}{h} = \frac{a+b}{a}$, откуда

$$d = h \cdot \frac{a+b}{a}.$$

В соответствии с формулой тонкой линзы $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$, где b – расстояние от билинзы до плоскости двух изображений, откуда $b = \frac{af}{a-f} = \frac{20 \cdot 15}{20-15} = 60 \text{ см} > 0$, то есть изображения действительные и находятся справа от линзы.

Расстояние d от каждого изображения до оси системы, таким образом, равно

$$d = h \cdot \frac{a+b}{a} = h \cdot \frac{a}{a-f} = 1 \cdot \frac{20}{20-15} = 4 \text{ см},$$

а расстояние $2d$ между изображениями равно

$$2d = 2h \cdot \frac{a+b}{a} = 2h \cdot \frac{a}{a-f} = 8 \text{ см}.$$

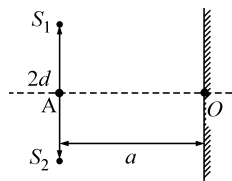
Ответ: $2d = 2h \cdot \frac{a}{a-f} = 8 \text{ см}.$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>правила построения изображений в тонкой линзе и формула тонкой линзы</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В одной из исходных формул, необходимых для решения 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

С6

Расстояние между двумя точечными монохроматическими когерентными источниками света S_1 и S_2 равно $2d = 1$ мм. Мысленно соединим источники отрезком S_1S_2 и восстановим срединный перпендикуляр к этому отрезку (он пересечет S_1S_2 в точке A). Расположим плоский экран так, чтобы его середина O лежала на указанном срединном перпендикуляре, а сам экран был перпендикулярен отрезку AO (на рисунке экран показан линией со штриховкой). Каков будет период интерференционных полос вблизи точки O , если $|AO| = a = 1$ м, а длина волны света источников равна $\lambda = 600$ нм. Угол ϕ падения интерферирующих лучей на экран можно считать малым, так что $\sin \phi \approx \phi$.

**Возможное решение**

Найдём разность хода Δ лучей от двух источников в плоскости экрана вблизи его центра в зависимости от расстояния x точки этой плоскости до точки O (см. рисунок). В центре интерференционной картины разность хода, очевидно, равна нулю, и наблюдается интерференционный максимум. При смещении от центра картины на расстояние x один луч укорачивается, а другой удлиняется на величину $\frac{\Delta}{2} \approx x \cdot \sin \frac{\phi}{2} \approx x \cdot \frac{\phi}{2}$, как следует из

<p>построения. Таким образом, $\Delta \approx x \cdot \phi$. При этом $\frac{\phi}{2} \approx \frac{d}{a}$, так что $\phi \approx \frac{2d}{a}$ и</p> $\Delta \approx x \cdot \phi = \frac{2d}{a} \cdot x.$ <p>Максимумы в интерференционной картине наблюдаются там, где разность хода интерферирующих лучей $\Delta = m\lambda$, m – целое. Период Δx интерференционных полос вблизи центра экрана определяется минимальным расстоянием по оси x вдоль экрана, при котором разность хода Δ интерферирующих лучей меняется на величину λ, то есть $\Delta \approx \Delta x \cdot \phi = \lambda$, откуда</p> $\Delta x \approx \frac{\lambda}{\phi} \approx \frac{\lambda a}{2d} = \frac{600 \cdot 10^{-9} \cdot 1}{1 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,6 \text{ мм}.$ <p>Ответ: $\Delta x \approx \frac{\lambda a}{2d} = 0,6 \text{ мм}.$</p>
--

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>условие возникновения интерференционных максимумов и геометрические соотношения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ.</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>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 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 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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	212
B2	321
B3	34
B4	32

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	121
B2	312
B3	23
B4	21