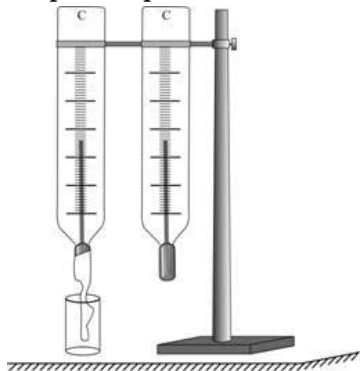


Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Два одинаковых спиртовых термометра, закрепленных в штативе, находятся в комнате. Нижняя часть одного из них обмотана марлевым жгутом, свободный конец которого помещен в пустой стаканчик. В стаканчик наливают воду комнатной температуры, смочив всю марлю. Опишите, как и почему после этого будут изменяться показания термометров.



Образец возможного решения

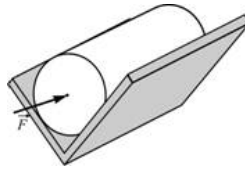
1) Налитая в стаканчик вода начнет испаряться, причем испарение будет происходить как с поверхности воды в стаканчике, так и со всей поверхности влажной марли. Внутренняя энергия воды, стаканчика, марли и обмотанного ею термометра будет уменьшаться вследствие испарения. Из-за этого термометр (он называется "влажным") будет охлаждаться, и его температура станет меньше, чем у окружающего воздуха. В результате показания "влажного" термометра начнут уменьшаться, т.е. он будет показывать всё более низкую температуру. Показания другого термометра (он называется "сухим") изменяться не будут.

2) Наряду с процессом испарения воды происходит и обратный процесс – конденсация пара. При конденсации пара внутренняя энергия воды, стаканчика, марли и обмотанного ею термометра увеличивается. Поэтому показания "влажного" термометра перестанут уменьшаться и установятся тогда, когда количество теплоты, теряемое им из-за испарения воды, сравняется с количеством теплоты, получаемым термометром при конденсации пара. Установившиеся показания "влажного" термометра будут однозначно определяться влажностью воздуха в комнате и температурой воздуха в комнате (то есть показаниями "сухого" термометра).

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>испарение воды, охлаждение термометра в результате отъема от него теплоты вследствие испарения, связь между установившимися показаниями «влажного» термометра и влажностью воздуха</i>).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

С2

Из двух ровных досок сделан желоб, представляющий собой двугранный угол с раствором $2\alpha = 90^\circ$. Желоб закреплен так, что его ребро горизонтально, а доски симметричны относительно вертикали. В желобе на боковой поверхности лежит цилиндр массой $m = 1$ кг. Коэффициент трения между досками и цилиндром равен $\mu = 0,2$. К торцу цилиндра приложена горизонтально направленная сила $F = 3$ Н. Найдите модуль ускорения цилиндра.



Образец возможного решения

Изобразим вид на желоб со стороны торца цилиндра. На цилиндр в плоскости чертежа действуют направленная вниз сила тяжести $m\vec{g}$ и две равные по модулю силы реакции \vec{N} досок, направленные перпендикулярно стенкам желоба. Так как цилиндр не движется в вертикальном направлении, то, в соответствии со вторым законом Ньютона, сумма проекций этих трех сил на вертикаль равна нулю:

$$mg = 2N \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = 2N \sin \alpha, \text{ где } \alpha = 45^\circ.$$

$$\text{Отсюда } N = \frac{mg}{2 \sin \alpha}.$$

В горизонтальном направлении (вдоль желоба) на цилиндр действуют сила \vec{F} , а также, в противоположном направлении, две силы сухого трения $\vec{F}_{\text{тр}}$.

Предположим, что цилиндр будет двигаться по желобу. Тогда по закону Амонта-Кулона для силы сухого трения скольжения можно записать:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \frac{\mu mg}{2 \sin \alpha}.$$

Записывая второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную ось, направленную вдоль ребра желоба, получим:

$$ma = F - 2F_{\text{тр}} = F - \frac{\mu mg}{\sin \alpha},$$

где a – модуль искомого ускорения цилиндра. Заметим, что $F > \frac{\mu mg}{\sin \alpha}$.

Это означает, что приложенная к торцу цилиндра сила превышает силу трения покоя, то есть цилиндр и в самом деле будет скользить вдоль желоба. Следовательно, $a = \frac{F}{m} - \frac{\mu g}{\sin \alpha}$. Подставляя числовые данные и проверяя размерность, окончательно получим:

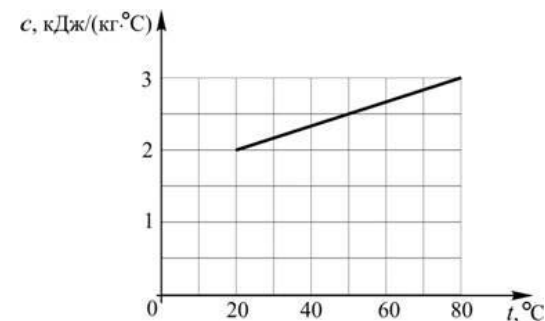
$$a = \frac{F}{m} - \frac{\mu g}{\sin \alpha} = (3 - 2\sqrt{2}) \text{ м/с}^2 \approx 0,2 \text{ м/с}^2.$$

$$\text{Ответ: } a = \frac{F}{m} - \frac{\mu g}{\sin \alpha} \approx 0,2 \text{ м/с}^2.$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно сделан чертеж и записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>правильно указаны направления сил тяжести и реакции досок, записан второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси, применен закон Амонта-Кулона для определения модуля силы трения скольжения</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 один из следующих недостатков:</p> <p>– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</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 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

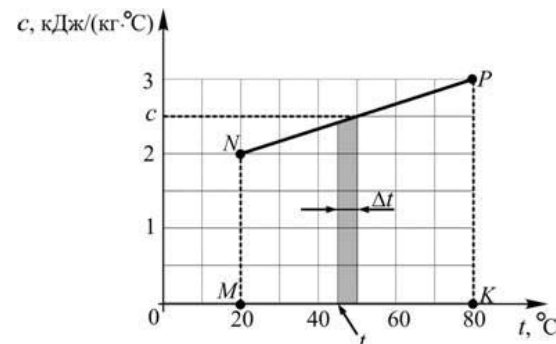
С3

На рисунке приведен график зависимости удельной теплоемкости c некоторого тела от его температуры t . Какое количество теплоты Q нужно сообщить этому телу для того, чтобы повысить его температуру от $t_1 = 20^\circ\text{C}$ до $t_2 = 80^\circ\text{C}$? Масса тела $m = 1$ кг.



Образец возможного решения

Способ 1. Пусть тело имеет некоторую температуру t и при нагревании его температура возрастает на малую величину Δt . При этом, в соответствии с уравнением теплового баланса, телу сообщается количество теплоты $\Delta Q = cm\Delta t$, где c – удельная теплоемкость тела при температуре t .



На графике зависимости удельной теплоемкости тела от температуры величине ΔQ соответствует площадь прямоугольника с высотой c (так как $m = 1$ кг) и с основанием Δt . Поэтому полному количеству теплоты Q , необходимому для нагревания тела от температуры t_1 до температуры t_2 , будет соответствовать площадь трапеции $MNPK$.

Обозначим удельную теплоемкость при температуре t_1 через c_1 , а удельную теплоемкость при температуре t_2 через c_2 . Тогда искомое количество теплоты

$$Q = \frac{1}{2}(c_1 + c_2)m(t_2 - t_1) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left(2000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} + 3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \cdot 1 \text{ кг} \cdot (80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 150 \text{ кДж}.$$

Способ 2. Так как удельная теплоемкость линейно возрастает с ростом температуры, то количество теплоты, которое нужно затратить на нагревание тела от температуры t_1 до температуры t_2 , может быть найдено по формуле

$$Q = c_{\text{ср}}m(t_2 - t_1), \text{ где } c_{\text{ср}} = \frac{1}{2}(c_1 + c_2) - \text{средняя удельная теплоемкость, которую}$$

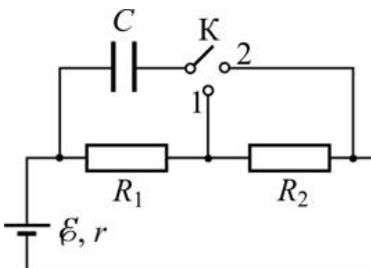
имеет тело в интервале температур от t_1 до t_2 . Отсюда сразу получаем тот же результат: $Q = \frac{1}{2}(c_1 + c_2)m(t_2 - t_1) = 150 \text{ кДж}.$

Ответ: $Q = \frac{1}{2}(c_1 + c_2)m(t_2 - t_1) = 150 \text{ кДж}.$

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 теплового баланса, формула для определения количества теплоты как величины, численно равной площади под графиком зависимости удельной теплоемкости от температуры; либо вычисление количества теплоты через среднюю теплоемкость);</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 необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</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 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

С4

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор C изначально не заряжен. Ключ K переводят в положение 1. Затем, спустя очень большое время, переключают его в положение 2, и снова ждут в течение достаточно большого промежутка времени. В результате перевода ключа в положение 2 энергия конденсатора увеличивается в $n = 9$ раз. Найдите сопротивление резистора R_2 , если $R_1 = 10$ Ом.



Образец возможного решения

Обозначим напряжение на конденсаторе после перевода ключа в положение 1 через U_1 , а после перевода ключа в положение 2 – через U_2 . Поскольку энергия \mathcal{E} конденсатора, заряженного до напряжения U , равна $\mathcal{E} = CU^2 / 2$, то отношение энергии конденсатора при положении ключа 2 к энергии конденсатора при положении ключа 1 равно

$$n = \frac{E_2}{E_1} = \frac{CU_2^2 / 2}{CU_1^2 / 2} = \frac{U_2^2}{U_1^2}.$$

Пусть сила тока, текущего через резисторы, равна I . При этом напряжения U_1 и U_2 на конденсаторе равны напряжениям на соответствующих участках цепи, имеющих сопротивления R_1 и $R_1 + R_2$. На основании закона Ома для участка цепи, получаем:

$$U_1 = IR_1 \text{ и } U_2 = I(R_1 + R_2).$$

Следовательно, $n = \frac{U_2^2}{U_1^2} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)^2.$

Отсюда $R_2 = R_1(\sqrt{n} - 1) = 20$ Ом.

Ответ: $R_2 = R_1(\sqrt{n} - 1) = 20$ Ом.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – формула для расчета энергии заряженного конденсатора, формула для вычисления сопротивления при последовательном соединении резисторов, закон Ома для участка цепи); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: – в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка; ИЛИ – необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены; ИЛИ – не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде; ИЛИ – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие 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 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

С5 При помощи тонкой собирающей линзы на экране, перпендикулярном главной оптической оси линзы, получено четкое изображение точечного источника света. Не трогая источник и экран, линзу передвинули от источника в сторону экрана на расстояние $x = 5$ см, в результате чего на экране вновь получилось четкое изображение источника. Чему равно фокусное расстояние линзы, если изначально источник находился на расстоянии $a = 10$ см от нее? Линзу перемещают вдоль ее главной оптической оси.

Образец возможного решения

Пусть в начальном положении экран находился на расстоянии b от линзы. Применим формулу тонкой линзы для начального и для конечного положения источника света:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}, \quad \frac{1}{a+x} + \frac{1}{b-x} = \frac{1}{F}.$$

Из этих формул следует уравнение: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{a+x} + \frac{1}{b-x}$.

Решая его, получаем: $x = b - a$.

Тогда для отыскания фокусного расстояния линзы получаем уравнение: $\frac{1}{a} + \frac{1}{a+x} = \frac{1}{F}$, откуда $F = \frac{a(a+x)}{2a+x}$.

Подставляя числовые значения и проверяя размерность, находим: $F = 6$ см.

Ответ: $F = \frac{a(a+x)}{2a+x} = 6$ см.

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 – <i>формула тонкой линзы для двух положений линзы</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 один из следующих недостатков:</p> <p>– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</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 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 Узкий пучок света с длиной волны $\lambda = 420$ нм падает на фотоприемник. Мощность светового потока этого пучка равна $P = 3,3 \cdot 10^{-18}$ Вт. Найдите число n фотонов, падающих на фотоприемник за одну секунду.

Образец возможного решения

Пусть за время $t = 1$ с на фотоприемник падают k фотонов. Тогда энергия, переносимая световым пучком, равна $E = k \cdot h\nu$, где n – частота световой волны, $h\nu$ – энергия одного фотона. Мощность светового потока пучка света равна энергии, переносимой им в единицу времени, то есть $P = \frac{E}{t} = \frac{kh\nu}{t}$.

Величина $n = \frac{k}{t}$ представляет собой искомое число фотонов, падающих на фотоприемник за одну секунду. Таким образом $P = nh\nu$.

Учитывая, что частота световой волны связана с ее длиной формулой $\nu = \frac{c}{\lambda}$,

получим $P = nh \cdot \frac{c}{\lambda}$, откуда $n = \frac{P\lambda}{hc}$.

Подставляя числовые значения и проверяя размерность, получим:

$$n = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{(3,3 \cdot 10^{-18} \text{ Вт}) \cdot (420 \cdot 10^{-9} \text{ м})}{(6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}) \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ м/с})} = 7.$$

Ответ: $n = \frac{P\lambda}{hc} = 7$.

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 фотона, связь переносимой световым пучком энергии с мощностью светового потока, связь частоты световой волны с ее длиной); 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 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.	0

Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ
A1	2
A2	2
A3	1
A4	1
A5	2
A6	4
A7	3
A8	4
A9	2
A10	3
A11	2
A12	3
A13	4

№ задания	Ответ
A14	2
A15	1
A16	3
A17	2
A18	3
A19	3
A20	1
A21	3
A22	3
A23	4
A24	3
A25	3

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	122
B2	223

№ задания	Ответ
B3	32
B4	41

Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ
A1	3
A2	1
A3	1
A4	3
A5	3
A6	1
A7	4
A8	1
A9	3
A10	4
A11	1
A12	3
A13	1

№ задания	Ответ
A14	4
A15	2
A16	3
A17	1
A18	2
A19	1
A20	4
A21	1
A22	2
A23	1
A24	3
A25	2

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	111
B2	113

№ задания	Ответ
B3	41
B4	41