

### Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

#### Водяное отопление

Необходимость в отоплении возникла в незапамятные времена, одновременно с тем, как люди научились строить для себя самые примитивные жилища. Первые жилища отапливались кострами, потом их сменили очаги, затем – печи. В ходе технического прогресса системы отопления постоянно совершенствовались и улучшались. Люди учились применять новые виды топлива, придумывали разные конструкции отопительных приборов, стремились уменьшить расход горючего и сделать работу отопительной системы автономной, не требующей постоянного контроля человека. В настоящее время наибольшее распространение получили системы водяного отопления, которое применяется для обогрева как многоквартирных домов в городах, так и небольших зданий в сельской местности. Принцип работы системы водяного отопления (см. рисунок) удобно пояснить на примере отопительной системы небольшого жилого дома.

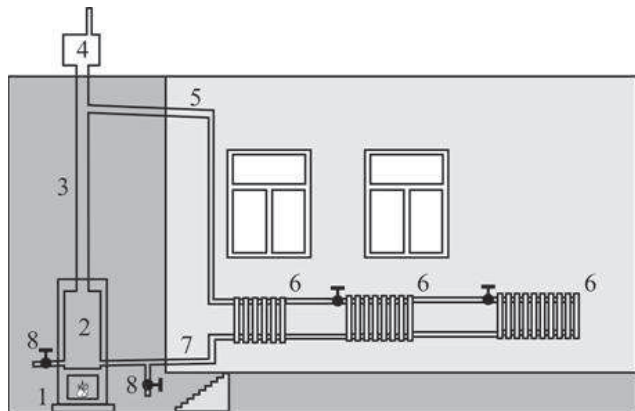


Рисунок. Система водяного отопления небольшого жилого дома

Источником теплоты для отопительной системы служит печь 1, в которой могут сгорать различные виды органического топлива – дрова, торф, каменный уголь, природный газ, нефтепродукты и пр. Печь нагревает воду в котле 2. При нагревании вода расширяется и её плотность уменьшается, в результате чего она поднимается из котла вверх по вертикальному главному стояку 3. В верхней части главного стояка расположен имеющий выход в атмосферу расширительный бак 4, который необходим из-за того, что объём воды увеличивается при нагревании. От верхней части главного стояка отходит труба 5 («горячий трубопровод»), по которому вода подаётся к отопительным приборам – батареям 6, состоящим из нескольких секций каждая. После протекания через батареи остывшая вода по обратному трубопроводу 7 вновь попадает в котёл, опять нагревается и снова поднимается по главному стояку. При наиболее простой однотрубной схеме все батареи соединяются друг с другом таким образом, что все секции оказываются параллельно подсоединёнными к горячему и к обратному трубопроводу. Поскольку вода при протекании через батареи постепенно остывает, для поддержания одинаковой температуры в разных помещениях в них делают батареи с разным числом секций (то есть с разной площадью поверхности). В тех комнатах, в которые вода поступает раньше и поэтому имеет более высокую температуру, количество секций в батареях делают меньше, и наоборот. Вода в такой отопительной системе циркулирует автоматически, до тех пор пока в печи горит

топливо. Для того чтобы циркуляция была возможна, все горячие трубопроводы и обратные трубопроводы в системе делают либо вертикальными, либо с небольшим уклоном в нужную сторону – так, чтобы вода по ним шла от главного стояка обратно к котлу под действием силы тяжести («самотёком»). Скорость циркуляции воды и степень обогрева можно регулировать, уменьшая или увеличивая количество топлива, сгорающего в печи в единицу времени. Вода циркулирует в отопительных системах такого типа тем лучше, чем больше расстояние по высоте между котлом и горячим трубопроводом. Поэтому печь с котлом стараются располагать как можно ниже – обычно их ставят в подвале либо, при его отсутствии, опускают до уровня земли, а горячий трубопровод проводят по чердаку.

Для нормальной работы отопительной системы очень важно, чтобы внутри неё не было воздуха. Для выпуска воздушных пробок, которые могут возникать в трубах и в батареях, служат специальные воздухоотводчики, которые открываются при заполнении системы водой (на рисунке не показаны). Также на трубах в нижней части системы устанавливаются краны 8, при помощи которых из отопительной системы при необходимости сливается вода.

- 19** При модернизации системы водяного отопления печь, работающую на дровах, заменили на печь, работающую на природном газе. Удельная теплота сгорания дров  $10^7$  Дж/кг, природного газа –  $3,2 \cdot 10^7$  Дж/кг. Как нужно изменить (увеличить или уменьшить) массу топлива, сжигаемого в печи в единицу времени, для того чтобы сохранить прежнюю скорость циркуляции воды в отопительной системе? Ответ поясните.

#### Образец возможного ответа

1. Уменьшить.
2. Скорость циркуляции воды в отопительной системе при прочих равных условиях определяется скоростью нагревания воды в котле. При сгорании природного газа выделяется большее количество теплоты, чем при сгорании такой же массы дров, и вода в котле нагревается быстрее. Поэтому для сохранения прежней скорости циркуляции воды в системе необходимо уменьшить массу сжигаемого в печи топлива.

Содержание критерия	Баллы
Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок.	2
Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит оба элемента правильного ответа или указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу. ИЛИ Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован.	1
Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ Ответ на вопрос неверен, независимо от того, что рассуждения правильны, неверны или отсутствуют.	0
<i>Максимальный балл</i>	
	2

**24** (По материалам Камзеевой Е.Е.)  
Используя каретку (брусок) с крючком, динамометр, один груз и направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для определения коэффициента трения скольжения между кареткой и поверхностью рейки.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения;
- 3) укажите результаты измерения веса каретки с грузом и силы трения скольжения при движении каретки с грузом по поверхности рейки;
- 4) запишите численное значение коэффициента трения скольжения.

**Характеристика оборудования**

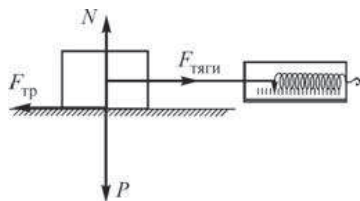
При выполнении задания используется комплект оборудования № 4 в составе:

- каретка массой (100± 2) г;
- 1 груз массой (100 ± 2) г;
- динамометр школьный с пределом измерения 4 Н (погрешность 0,1 Н);
- направляющая рейка.

**Внимание!** При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

**Образец возможного выполнения**

1. Схема экспериментальной установки:



2.  $F_{тяги} = F_{тр}$  (при равномерном движении);

$$F_{тр} = \mu N, N = P \Rightarrow F_{тр} = \mu P \Rightarrow \mu = \frac{F_{тяги}}{P}$$

3.  $F_{тяги} = 0,4 \text{ Н}; P = 2,0 \text{ Н}.$

4.  $\mu = 0,2.$

**Указание экспертам**

1. Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, полученный учеником, рассчитывается методом границ. Границы интервала значений, внутри которого может оказаться измеренная величина силы трения, определяется, во-первых, погрешностью динамометра ( $\pm 0,1 \text{ Н}$ ) и, во-вторых, довольно сильно зависит от случайных дефектов обработки трущихся поверхностей. Таким образом, погрешность измерения силы тяги может составить  $\sim 0,2 \text{ Н}$ . Учитывая это, получаем  $F_{тяги} = 0,4 \pm 0,2 \text{ Н}; P = 2,0 \pm 0,1 \text{ Н}$ . Так как  $\mu = \frac{F_{тяги}}{P}$ , нижняя граница

коэффициента трения скольжения  $\mu = (0,2 \text{ Н}) : (2,1 \text{ Н}) \approx 0,10$ . Верхняя граница  $\mu = (0,6 \text{ Н}) : (1,9 \text{ Н}) \approx 0,32$ .

2. Необходимо учесть, что результаты измерения силы трения скольжения (силы тяги) будут зависеть от материала поверхности рейки.

Содержание критерия	Баллы
Полностью правильное выполнение задания, включающее: 1) схематичный рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины по доступным для измерения величинам (в данном случае — для коэффициента трения скольжения через вес каретки с грузом и силу трения скольжения (силу тяги)); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае — результаты измерения веса каретки с грузом и силы трения скольжения (силы тяги)); 4) полученное правильное численное значение искомой величины.	4
Приведены все элементы правильного ответа 1–4, но допущена ошибка при вычислении значения искомой величины. ИЛИ Допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины. ИЛИ Допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует.	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины и не получен ответ. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ и не приведён рисунок экспериментальной установки. ИЛИ Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины.	2
Записано только правильные значения прямых измерений. ИЛИ Представлена только правильно записанная формула для расчёта искомой величины. ИЛИ Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки.	1
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания.	0
<i>Максимальный балл</i>	
	4

- 25 В двух закрытых сосудах одинакового объёма находится одинаковое количество молекул одного и того же газа. Сосуд 1 размещён в тёплом помещении, сосуд 2 – в холодном. В каком из сосудов давление газа больше? Ответ поясните.

**Образец возможного ответа**

1. *Ответ:* в сосуде 1.

2. *Обоснование.* Давление газа зависит от числа соударений молекул газа о стенки сосуда в единицу времени. Число соударений молекул зависит от скорости хаотического движения молекул, которая, в свою очередь, зависит от температуры – с увеличением температуры скорость хаотического (теплового) движения молекул газа увеличивается. Так как температура газа в тёплом помещении больше температуры газа в холодном помещении, то и скорость молекул, и давление газа в первом сосуде, размещённом в тёплом помещении, будут больше.

Содержание критерия	Баллы
Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок.	2
Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит оба элемента правильного ответа или указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу. ИЛИ	1
Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован.	
Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ	0
Ответ на вопрос неверен, независимо от того, что рассуждения правильны, неверны или отсутствуют.	
<i>Максимальный балл</i>	2

- 26 Затратив количество теплоты  $Q_1 = 1$  МДж, из некоторой массы льда, взятого при температуре  $-t_1$  °С, получили воду при температуре  $+t_1$  °С. Известно, что  $\frac{1}{5}$  часть от затраченного количества теплоты пошла на нагревание льда. Кроме того, известно, что удельная теплоёмкость льда в 2 раза меньше удельной теплоёмкости воды. Определите количество теплоты  $Q_x$ , которое пошло на превращение льда в воду.

**Возможный вариант решения**

<u>Дано:</u>	<u>Решение.</u>
$Q_1 = 1$ МДж = = 1 000 000 Дж;	Лёд до начала своего плавления и вода после окончания плавления льда нагреваются на одинаковую температуру $\Delta t$ .
$Q_2 = \frac{1}{5} Q_1$ ;	$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_x$ .
$c_{\text{л}} = \frac{1}{2} c_{\text{в}}$ .	Количество теплоты, пошедшее на нагревание льда: $Q_2 = mc_{\text{л}} \Delta t = \frac{1}{5} Q_1$ .
$Q_x = ?$	Количество теплоты, пошедшее на нагревание воды: $Q_3 = mc_{\text{в}} \Delta t = m \cdot 2c_{\text{л}} \Delta t = 2Q_2 = \frac{2}{5} Q_1$ .
	Значит, $Q_1 = \frac{1}{5} Q_1 + \frac{2}{5} Q_1 + Q_x = \frac{3}{5} Q_1 + Q_x$ .
	Отсюда $Q_x = \frac{2}{5} Q_1 = 400000$ Дж = 400 кДж.
	<u>Ответ:</u> $Q_x = 400000$ Дж = 400 кДж.

Критерии оценивания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие <u>элементы</u> : 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом ( <i>в данном решении — уравнение теплового баланса с учётом процессов нагревания льда, плавления льда, нагревания воды</i> ); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ. ИЛИ Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов. ИЛИ Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.	2
Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи. ИЛИ Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

27 Для того чтобы сдвинуть брусок вдоль шероховатой горизонтальной плоскости, требуется приложить горизонтально направленную силу  $F_1$ . Для того чтобы сдвинуть этот же брусок вверх вдоль шероховатой наклонной плоскости с углом при основании  $45^\circ$  и с тем же коэффициентом трения, требуется сила  $F_2$ , направленная параллельно наклонной плоскости. Учитывая, что коэффициент трения между поверхностью бруска и поверхностью плоскости равен 0,5, определите отношение модулей этих сил  $n = \frac{F_1}{F_2}$ . Ответ округлите до сотых долей.

Возможный вариант решения	
<p><u>Дано:</u></p> <p><math>\alpha = 45^\circ;</math></p> <p><math>\mu = 0,5.</math></p> <p><math>n = \frac{F_1}{F_2} - ?</math></p>	<p><u>Решение.</u></p> <p>На рисунках а) и б) изображены силы, действующие на брусок в первом и во втором случаях.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Уравнения движения в проекциях на оси <math>x</math> и <math>y</math> имеют вид</p> <p><u>для первого случая:</u> <math>0 = F_1 - F_{\text{тр}}; 0 = N - mg;</math></p> <p><u>для второго случая:</u> <math>0 = F_2 - F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha; 0 = N - mg \cos \alpha.</math></p> <p>Согласно закону Амонтона–Кулона <math>F_{\text{тр}} = \mu N.</math></p> <p>Решая систему уравнений, получаем <math>F_1 = \mu mg</math> и <math>F_2 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha.</math> Отсюда</p> $n = \frac{F_1}{F_2} = \frac{\mu mg}{mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{\mu}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha} = \frac{0,5}{(0,5 + 1) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{2}{3\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \approx 0,47.$ <p><u>Ответ:</u> <math>n \approx 0,47.</math></p>



Содержание критерия	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие <u>элементы</u> : 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом ( <i>в данном решении – уравнения движения бруска для первого и второго случаев в проекциях на оси <math>x</math> и <math>y</math>; закон Амонтона–Кулона для силы сухого трения</i> ); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ. ИЛИ Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов. ИЛИ Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.	2
Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи. ИЛИ Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка.	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

## Водяное отопление

Необходимость в отоплении возникла в незапамятные времена, одновременно с тем, как люди научились строить для себя самые примитивные жилища. Первые жилища отапливались кострами, потом их сменили очаги, затем – печи. В ходе технического прогресса системы отопления постоянно совершенствовались и улучшались. Люди учились применять новые виды топлива, придумывали разные конструкции отопительных приборов, стремились уменьшить расход горючего и сделать работу отопительной системы автономной, не требующей постоянного контроля человека. В настоящее время наибольшее распространение получили системы водяного отопления, которое применяется для обогрева как многоквартирных домов в городах, так и небольших зданий в сельской местности. Принцип работы системы водяного отопления (см. рисунок) удобно пояснить на примере отопительной системы небольшого жилого дома.

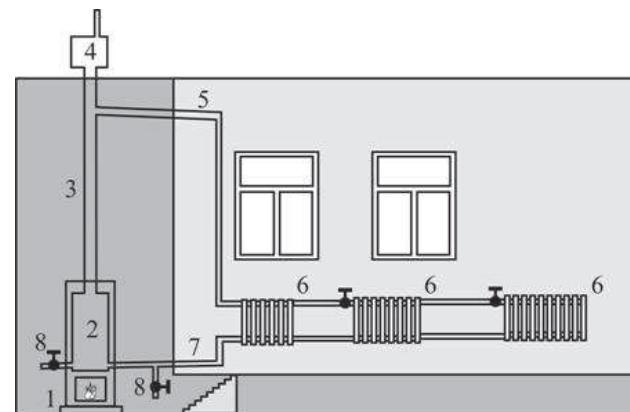


Рисунок. Система водяного отопления небольшого жилого дома

Источником теплоты для отопительной системы служит печь 1, в которой могут сгорать различные виды органического топлива – дрова, торф, каменный уголь, природный газ, нефтепродукты и пр. Печь нагревает воду в котле 2. При нагревании вода расширяется и её плотность уменьшается, в результате чего она поднимается из котла вверх по вертикальному главному стояку 3. В верхней части главного стояка расположен имеющий выход в атмосферу расширительный бак 4, который необходим из-за того, что объём воды увеличивается при нагревании. От верхней части главного стояка отходит труба 5 («горячий трубопровод»), по которому вода подаётся к отопительным приборам – батареям 6, состоящим из нескольких секций каждая. После протекания через батареи остывшая вода по обратному трубопроводу 7 вновь попадает в котёл, опять нагревается и снова поднимается по главному стояку. При наиболее простой однотрубной схеме все батареи соединяются друг с другом таким образом, что все секции оказываются параллельно подсоединёнными к горячему и к обратному трубопроводу. Поскольку вода при протекании через батареи постепенно остывает, для поддержания одинаковой температуры в разных помещениях в них делают батареи с разным числом секций (то есть с разной площадью поверхности). В тех комнатах, в которые вода поступает раньше и поэтому имеет более высокую температуру, количество секций в батареях делают меньше, и наоборот. Вода в такой отопительной системе циркулирует автоматически, до тех пор пока в печи горит

топливо. Для того чтобы циркуляция была возможна, все горячие трубопроводы и обратные трубопроводы в системе делают либо вертикальными, либо с небольшим уклоном в нужную сторону – так, чтобы вода по ним шла от главного стояка обратно к котлу под действием силы тяжести («самотёком»). Скорость циркуляции воды и степень обогрева можно регулировать, уменьшая или увеличивая количество топлива, сгорающего в печи в единицу времени. Вода циркулирует в отопительных системах такого типа тем лучше, чем больше расстояние по высоте между котлом и горячим трубопроводом. Поэтому печь с котлом стараются располагать как можно ниже – обычно их ставят в подвале либо, при его отсутствии, опускают до уровня земли, а горячий трубопровод проводят по чердаку.

Для нормальной работы отопительной системы очень важно, чтобы внутри неё не было воздуха. Для выпуска воздушных пробок, которые могут возникать в трубах и в батареях, служат специальные воздухоотводчики, которые открываются при заполнении системы водой (на рисунке не показаны). Также на трубах в нижней части системы устанавливаются краны 8, при помощи которых из отопительной системы при необходимости сливается вода.

- 19** При модернизации системы водяного отопления печь, работающую на каменном угле, заменили на печь, работающую на природном газе. Удельная теплота каменного угля  $22 \cdot 10^7$  Дж/кг, природного газа –  $3,2 \cdot 10^7$  Дж/кг. Как нужно изменить (увеличить или уменьшить) массу топлива, сжигаемого в печи в единицу времени, для того чтобы сохранить прежнюю скорость циркуляции воды в отопительной системе? Ответ поясните.

#### Образец возможного ответа

- Увеличить.
- Скорость циркуляции воды в отопительной системе при прочих равных условиях определяется скоростью нагревания воды в котле. При сгорании природного газа выделяется меньшее количество теплоты, чем при сгорании такой же массы каменного угля, и вода в котле нагревается медленнее. Поэтому для сохранения прежней скорости циркуляции воды в системе необходимо увеличить массу сжигаемого в печи топлива.

Содержание критерия	Баллы
Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок.	2
Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит оба элемента правильного ответа или указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу. ИЛИ	1
Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован.	
Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ	0
Ответ на вопрос неверен, независимо от того, что рассуждения правильны, неверны или отсутствуют.	
Максимальный балл	2

- 24** (По материалам Камзеевой Е.Е.)

Используя каретку (брусочек) с крючком, динамометр, три одинаковых груза и направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для изучения свойств силы трения скольжения между кареткой и поверхностью рейки. Поставьте на каретку один груз и измерьте силу, которую необходимо приложить к каретке с грузом, для того чтобы двигать её с постоянной скоростью. Затем поставьте на каретку ещё два груза и повторите эксперимент. В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчёта модуля силы трения скольжения;
- укажите результаты измерения веса каретки, веса груза и модуля силы трения скольжения при движении каретки с одним грузом и с тремя грузами по поверхности рейки;
- сделайте вывод о связи между модулем силы трения скольжения и модулем силы нормальной реакции опоры.

#### Характеристика оборудования

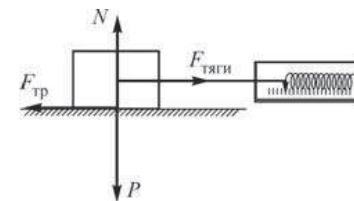
При выполнении задания используется комплект оборудования № 4 в составе:

- каретка массой  $(100 \pm 2)$  г;
- 3 груза массой  $(100 \pm 2)$  г;
- динамометр школьный с пределом измерения 4 Н (погрешность 0,1 Н);
- направляющая рейка.

**Внимание!** При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

#### Образец возможного выполнения

- Схема экспериментальной установки:



- $F_{\text{тяги}} = F_{\text{тр}}$  (при равномерном движении);

$$F_{\text{тр}} = \mu N, N = P \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu P.$$

- Опыт 1:  $F_{\text{тяги}} = 0,4$  Н;  $P = 2,0$  Н.

$$\text{Опыт 2: } F_{\text{тяги}} = 0,8 \text{ Н; } P = 4,0 \text{ Н.}$$

- При возрастании веса каретки с грузами (а значит, и модуля силы нормальной реакции опоры) в два раза модуль силы трения скольжения также увеличился в 2 раза. Следовательно, модуль силы трения скольжения прямо пропорционален модулю силы нормальной реакции опоры.

**Указание экспертам**

1. Границы интервалов значений, внутри которых могут оказаться измеренные величины, определяются, во-первых, погрешностью динамометра ( $\pm 0,1$  Н) и, во-вторых, довольно сильно зависят от случайных дефектов обработки трущихся поверхностей. Таким образом, погрешность измерения силы тяги может составить  $\sim 0,2$  Н.

2. Необходимо учесть, что результаты измерения силы трения скольжения (силы тяги) будут зависеть от материала поверхности рейки.

Содержание критерия	Баллы
<p>Полностью правильное выполнение задания, включающее в себя:</p> <p>1) схематичный рисунок экспериментальной установки;</p> <p>2) формулы, связывающие друг с другом измеряемые величины (<i>в данном случае – силу трения скольжения (силу тяги) и силу нормальной реакции опоры (вес каретки с грузами)</i>);</p> <p>3) правильно записанные результаты прямых измерений (<i>в данном случае – результаты измерения веса каретки с грузами и силы трения скольжения (силы тяги)</i>);</p> <p>4) наличие правильного вывода о прямо пропорциональной зависимости между модулем силы трения скольжения и модулем силы нормальной реакции опоры.</p>	4
<p>Приведены все элементы правильного ответа 1–4, но допущена ошибка формулировке вывода.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Допущена ошибка при обозначении единиц измерения физических величин.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует.</p>	3
<p>Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены значения прямых измерений величин, но не записана формула для связи измеряемых величин.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений величин, записана формула для связи измеряемых величин, но не сделан вывод и не приведён рисунок экспериментальной установки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно приведены значения прямых измерений, приведён правильный вывод, но отсутствуют рисунок экспериментальной установки и формула для связи измеряемых величин.</p>	2
<p>Записаны только правильные значения прямых измерений.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлена только правильно записанная формула для связи измеряемых величин.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки.</p>	1
<p>Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания.</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	4

**25** В двух закрытых сосудах одинакового объёма находится одинаковое количество молекул одного и того же газа. Сосуд 1 размещён в тёплом помещении, сосуд 2 – в холодном. В каком из сосудов внутренняя энергия газа меньше? Ответ поясните.

**Образец возможного ответа**

1. *Ответ:* в сосуде 2.

2. *Обоснование.*

Внутренняя энергия газа зависит от числа молекул и от температуры – с увеличением температуры внутренняя энергия увеличивается. Так как число молекул в сосудах одинаково, а температура газа в тёплом помещении больше температуры газа в холодном помещении, внутренняя энергия газа во втором сосуде будет меньше внутренней энергии газа в первом сосуде.

Содержание критерия	Баллы
Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок.	2
<p>Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит оба элемента правильного ответа или указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован.</p>	1
<p>Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Ответ на вопрос неверен, независимо от того, что рассуждения правильны, неверны или отсутствуют.</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

**26** Затратив количество теплоты  $Q_1 = 1$  МДж, из некоторой массы льда, взятого при температуре  $-t_1$  °С, получили воду при температуре  $+t_1$  °С. Известно, что  $\frac{1}{3}$  часть от затраченного количества теплоты пошла на нагревание воды. Кроме того, известно, что удельная теплоёмкость льда в 2 раза меньше удельной теплоёмкости воды. Определите количество теплоты  $Q_x$ , которое пошло на превращение льда в воду.

**Возможный вариант решения**

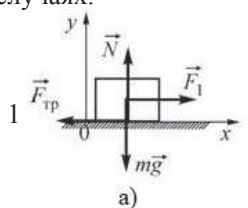
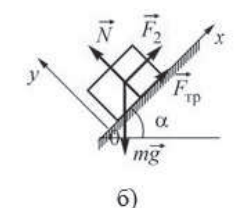
<u>Дано:</u>	<u>Решение.</u>
$Q_1 = 1$ МДж = = 1 000 000 Дж;	Лёд до начала своего плавления и вода после окончания плавления льда нагреваются на одинаковую температуру $\Delta t$ .
$Q_2 = \frac{1}{3}Q_1$ ;	$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_x$ .
$c_{\text{л}} = \frac{1}{2}c_{\text{в}}$ .	Количество теплоты, пошедшее на нагревание воды: $Q_2 = mc_{\text{в}}\Delta t = \frac{1}{3}Q_1$ .
$Q_x = ?$	Количество теплоты, пошедшее на нагревание льда: $Q_3 = mc_{\text{л}}\Delta t = m \cdot \frac{1}{2}c_{\text{в}}\Delta t = \frac{1}{2}Q_2 = \frac{1}{6}Q_1$ .
	Значит, $Q_1 = \frac{1}{6}Q_1 + \frac{1}{3}Q_1 + Q_x = \frac{1}{2}Q_1 + Q_x$ .
	Отсюда $Q_x = \frac{1}{2}Q_1 = 500000$ Дж = 500 кДж.
	<u>Ответ:</u> $Q_x = 500\,000$ Дж = 500 кДж.

<b>Содержание критерия</b>	<b>Баллы</b>
Приведено полное правильное решение, включающее следующие <u>элементы</u> : 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом ( <i>в данном решении – уравнение теплового баланса с учётом процессов нагревания льда, плавления льда, нагревания воды</i> ); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ. ИЛИ Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов. ИЛИ Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.	2
Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи. ИЛИ Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3



27) Для того чтобы сдвинуть брусок вдоль шероховатой горизонтальной плоскости, требуется приложить горизонтально направленную силу  $F_1$ . Для того чтобы удержать неподвижно этот же брусок на шероховатой плоскости с углом при основании  $45^\circ$  и с тем же коэффициентом трения, требуется сила  $F_2$ , направленная параллельно наклонной плоскости. Учитывая, что коэффициент трения между поверхностью бруска и поверхностью плоскости равен  $\mu = 0,5$ , определите отношение модулей этих сил  $n = \frac{F_1}{F_2}$ . Ответ округлите до сотых долей.

**Возможный вариант решения**

<b>Дано:</b>	<b>Решение.</b>
$\alpha = 45^\circ;$	На рисунках а) и б) изображены силы, действующие на брусок в первом и во втором случаях.
$\mu = 0,5.$	
$n = \frac{F_1}{F_2} - ?$	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
	Уравнения движения в проекциях на оси $x$ и $y$ имеют вид
	<u>для первого случая:</u> $0 = F_1 - F_{тр}; 0 = N - mg;$
	<u>для второго случая:</u> $0 = F_2 + F_{тр} - mgsin\alpha; 0 = N - mgcos\alpha.$
	Согласно закону Амонтона–Кулона (закону о силах сухого трения) $F_{тр} = \mu N.$
	Решая систему уравнений, получаем $F_1 = \mu mg$ и $F_2 = mgsin\alpha - \mu mgcos\alpha$ . Отсюда
	$n = \frac{F_1}{F_2} = \frac{\mu mg}{mg(sin\alpha - \mu cos\alpha)} = \frac{\mu}{sin\alpha - \mu cos\alpha} = \frac{0,5}{(1 - 0,5) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} =$ $= \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \approx 1,41$
	<u>Ответ:</u> $n \approx 1,41.$

Содержание критерия	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие <u>элементы</u> : 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <u>уравнения движения бруска для первого и второго случаев в проекциях на оси <math>x</math> и <math>y</math>; закон Амонтона–Кулона для силы сухого трения</u> ); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ. ИЛИ Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов. ИЛИ Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.	2
Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи. ИЛИ Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**Ответы к заданиям**

№ задания	Ответ
1	1
2	4
3	3
4	2
5	1
6	3
7	1
8	1
9	2
10	1
11	4

№ задания	Ответ
12	3
13	4
14	2
15	4
16	2
17	2
18	1
20	532
21	122
22	12
23	23

**Ответы к заданиям**

№ задания	Ответ
1	3
2	4
3	3
4	2
5	1
6	3
7	3
8	2
9	3
10	3
11	2

№ задания	Ответ
12	3
13	3
14	2
15	3
16	1
17	3
18	1
20	234
21	211
22	34
23	12