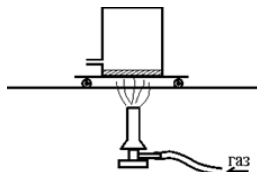


**Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом**

**C1** Закрытая банка с небольшим количеством воды снабжена тонкой горизонтальной трубкой для выхода пара. Банка помещена на тележку, которая катается с малым трением по горизонтальным рельсам. Под неподвижной вначале тележкой стоит газовая горелка, которая может нагревать банку (см. рисунок).  
Опишите процессы превращения энергии, которые будут происходить в данной системе после зажигания горелки под банкой, а также причины и характер движения банки.



**Образец возможного решения**

В соответствии с законом сохранения и изменения энергии энергия не может исчезать, а может лишь преобразовываться из одного вида в другой.

После зажигания горелки химическая энергия реакции горения превращается во внутреннюю энергию нагретых продуктов горения, которые расширяются и поднимаются вверх (из-за действующей на них выталкивающей силы Архимеда со стороны более холодного окружающего воздуха). Горячие газы обтекают банку и за счет теплопроводности нагревают банку, воду и воздух в ней. Часть теплоты при этом тратится на испарение жидкой воды в банке и превращается во внутреннюю энергию пара.

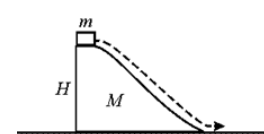
При повышении температуры давление воздуха и насыщенных паров воды в банке растёт, становится выше давления окружающей ее атмосферы, и из трубки начинает выходить с некоторой скоростью, зависящей от мощности горелки, смесь воздуха и паров воды. Таким образом, тепловая энергия горелки в результате преобразуется в кинетическую энергию струи пара и воздуха, выходящей из банки через горизонтальную трубку.

Эта струя обладает не только кинетической энергией, но и импульсом, что вызывает появление реактивной силы, действующей на тележку с банкой. Под действием этой реактивной силы при малом трении тележка разгонится и поедет по рельсам в правую сторону от горелки, так что банка перестанет нагреваться. При этом кинетическая энергия струи будет преобразовываться в кинетическую энергию тележки и частично – в теплоту (из-за действующей на тележку силы трения). Когда банка, переставшая нагреваться горелкой, остынет, то испарение воды прекратится, реактивная сила пропадет и кинетическая энергия тележки из-за действия силы трения будет постепенно превращаться в теплоту. В результате тележка вскоре остановится.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>описание процессов превращения энергии и характера движения банки</i> ), и дано полное верное объяснение причин наблюдаемых эффектов со ссылкой на необходимые физические законы и явления (в данном случае – <i>на закон сохранения и превращения энергии, на явления теплопроводности и парообразования, на закон сохранения импульса как на причину возникновения реактивной силы</i> ).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; <b>ИЛИ</b> – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; <b>ИЛИ</b> – недостаточно полно описаны существенные черты физических явлений, понимание которых необходимо для полного правильного решения.	2

Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; <b>ИЛИ</b> – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; <b>ИЛИ</b> – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, разрозненные записи и т. п.).	0

**C2** На гладкой горизонтальной плоскости стоит гладкая горка высотой  $H = 24$  см и массой  $M = 1$  кг, а на ее вершине лежит небольшая шайба массой  $m = 200$  г (см. рисунок). После легкого толчка шайба соскальзывает с горки и движется перпендикулярно стенке, закрепленной в вертикальном положении на плоскости. С какой скоростью  $v$  шайба приближается к стенке по плоскости?



**Образец возможного решения**

Поскольку трения нет, то в процессе движения системы выполняются законы сохранения механической энергии и проекции импульса на горизонтальное направление. После соскальзывания шайбы с горки, очевидно, шайба будет двигаться с постоянной скоростью по гладкой плоскости вправо, а сама горка – влево. Обозначая через  $V$  и  $v$  модули скоростей горки и шайбы, имеем:

$$MV = mv,$$

$$mgH = \frac{MV^2}{2} + \frac{mv^2}{2},$$

откуда

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{1 + (m/M)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 0,24}{1 + (0,2/1)}} = 2 \text{ м/с.}$$

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

**Ответ:**  $v = \sqrt{\frac{2gH}{1 + (m/M)}} = 2 \text{ м/с.}$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: – верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>законы сохранения проекции импульса и механической энергии при соскальзывании шайбы с горки</i> ); – проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к <u>правильному числовому ответу</u> , и представлен ответ.	3

Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов; <b>ИЛИ</b> правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу; <b>ИЛИ</b> в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты; <b>ИЛИ</b> записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка; <b>ИЛИ</b> отсутствует одна из формул, <u>необходимых</u> для решения задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т. п.).	0

**С3** Идеальная тепловая машина использует в качестве нагревателя и холодильника два больших резервуара: один – с водяным паром при температуре  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ , а другой – со льдом при температуре  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ . Спустя некоторое время после начала ее работы выяснилось, что в холодном резервуаре расплавилась масса льда, равная  $m_2 = 0,51$  кг. Какая масса  $m_1$  пара при этом сконденсировалась в горячем резервуаре? Теплообменом резервуаров с окружающей средой можно пренебречь. Ответ выразите в граммах, округлив до целых.

**Образец возможного решения**

Для идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, КПД  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ , где  $Q_1$  и  $Q_2$  – количества теплоты, полученные от более горячего тела и отданные более холодному, а  $T_1$  и  $T_2$  – их абсолютные температуры по шкале Кельвина. Таким образом,

$$Q_1 = \frac{T_1}{T_2} \cdot Q_2 \quad (*)$$

Поскольку в результате подвода теплоты к холодному резервуару в нем плавится лед, а температура не меняется,  $Q_2 = \lambda m_2$ , где  $\lambda$  – удельная теплота плавления льда.

В результате отбора теплоты от горячего резервуара пар в нем конденсируется, а температура также не меняется. Поэтому  $Q_1 = r m_1$ , где  $r$  – удельная теплота парообразования воды.

Подставляя выражения для  $Q_1$  и  $Q_2$  в соотношение (\*), получаем:

$$m_1 = \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{\lambda}{r} \cdot m_2 = \frac{t_1 + 273}{t_2 + 273} \cdot \frac{\lambda}{r} \cdot m_2 = \frac{100 + 273}{0 + 273} \cdot \frac{3,3 \cdot 10^5}{2,3 \cdot 10^6} \cdot 0,51 \approx 0,1 \text{ кг} = 100 \text{ г}.$$

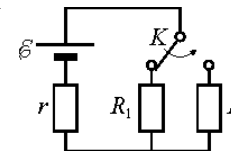
Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

**Ответ:**  $m_1 = \frac{t_1 + 273}{t_2 + 273} \cdot \frac{\lambda}{r} \cdot m_2 \approx 100 \text{ г}.$

<b>Критерии оценки выполнения задания</b>	<b>Баллы</b>
---	--------------

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <u>выражение для КПД идеальной тепловой машины и формулы для количества теплоты при плавлении и испарении определенных масс воды</u> ); — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом <u>допускается</u> решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов; <b>ИЛИ</b> правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. <b>ИЛИ</b> в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты; <b>ИЛИ</b> записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка; <b>ИЛИ</b> отсутствует одна из формул, <u>необходимых</u> для решения задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т. п.).	0

**С4** В схеме, изображенной на рисунке, после переключения ключа  $K$  оказалось, что тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе сопротивлением  $R_2 = 20$  Ом, равна той, что выделялась на резисторе сопротивлением  $R_1 = 5$  Ом до переключения ключа. Чему равно внутреннее сопротивление  $r$  источника тока?



**Образец возможного решения**

Согласно закону Джоуля–Ленца, тепловая мощность  $P$ , выделяющаяся на резисторе сопротивлением  $R$ , равна произведению напряжения  $U$  на нем на силу  $I$  протекающего через резистор тока:  $P = UI$ . По закону Ома для участка цепи  $U = IR$ , а ток в цепи, согласно закону Ома для полной цепи, равен  $I = \frac{\varepsilon}{r + R}$ . Отсюда  $P = I^2 R = \left(\frac{\varepsilon}{r + R}\right)^2 R$ .

Приравняв значения мощности при разных сопротивлениях резистора, включенного в цепь, получаем:

$$\left(\frac{\varepsilon}{r + R_1}\right)^2 R_1 = \left(\frac{\varepsilon}{r + R_2}\right)^2 R_2,$$

откуда

$$r = \sqrt{R_1 R_2} = \sqrt{5 \text{ Ом} \cdot 20 \text{ Ом}} = 10 \text{ Ом}.$$

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

**Ответ:**  $r = \sqrt{R_1 R_2} = 10 \text{ Ом}.$

<b>Критерии оценки выполнения задания</b>	<b>Баллы</b>
---	--------------

<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:                  — верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон Джозуя–Ленца, законы Ома для участка цепи и для полной цепи);                  — 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>Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов;                   ИЛИ                  правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу;                   ИЛИ                  в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты;                   ИЛИ                  записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка;</p>	1
<p>ИЛИ                  отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т. п.).</p>	0

**С5** Катушка, содержащая несколько витков провода, резистор и конденсатор емкостью  $C = 10 \text{ мкФ}$  соединены последовательно и образуют замкнутую цепь. В некоторый момент времени включают внешнее магнитное поле, и поток магнитной индукции  $\Phi$  через витки катушки начинает увеличиваться с течением времени  $t$  по закону  $\Phi = at$ , где  $a = 10^{-2} \text{ Вб/с}$ . Какой по величине заряд  $q$  установится на пластинах конденсатора спустя достаточно длительное время после начала процесса? Индуктивностью катушки пренебречь.

**Образец возможного решения**

<p>После включения магнитного поля в катушке возникнет ЭДС индукции, модуль которой равен</p> $\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{d\Phi}{dt} = a = 10^{-2} \text{ Вб/с} = 10^{-2} \text{ В.}$ <p>Под действием этой ЭДС в цепи потечет ток, и конденсатор начнет заряжаться. Спустя достаточно длительное время после начала процесса конденсатор полностью зарядится, и напряжение <math>U</math> между его обкладками станет равно <math>U = \mathcal{E} = a = 10^{-2} \text{ В}</math>.</p> <p>Заряд <math>q</math> на пластинах конденсатора связан с напряжением <math>U</math> между его обкладками соотношением <math>q = CU</math>. Таким образом, искомый заряд равен</p> $q = Ca = 10^{-5} \text{ Ф} \cdot 10^{-2} \text{ В} = 10^{-7} \text{ Кл.}$ <p>Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p> <p><b>Ответ:</b> <math>q = Ca = 10^{-7} \text{ Кл}</math>.</p>	
<b>Критерии оценки выполнения задания</b>	<b>Баллы</b>

<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:                  — верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – применен закон электромагнитной индукции, найдено напряжение между обкладками конденсатора спустя длительное время после начала процесса и заряд на пластинах конденсатора);                  — 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>Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов;                   ИЛИ                  правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу;                   ИЛИ                  в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты;                   ИЛИ                  записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка;</p>	1
<p>ИЛИ                  отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т. п.).</p>	0

**С6** При длительном освещении монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 450 \text{ нм}$  незаряженного металлического шарика, находящегося в вакууме, выяснилось, что потенциал шарика достиг величины  $\phi = 0,95 \text{ В}$ , после чего перестал возрастать. Чему равна работа выхода электронов из металла шарика? Ответ выразите в эВ и округлите до десятых долей.

**Образец возможного решения**

<p>Из условия следует, что электроны перестают покидать шарик, когда его потенциал становится равным <math>\phi</math>. При этом в соответствии с законом сохранения энергии кинетическая энергия электрона, вылетевшего из металла, целиком расходуется на работу против силы притяжения к положительно заряженному шарiku:</p> $\frac{mv^2}{2} = e\phi.$ <p>Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта, <math>h\nu = A_{\text{вых.}} + \frac{mv^2}{2}</math>, где <math>\nu = \frac{c}{\lambda}</math> – частота света, <math>\lambda</math> – длина волны света. Отсюда с учетом записанного выше соотношения находим работу выхода электронов из металла:</p> $A_{\text{вых.}} = h\nu - \frac{mv^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - e\phi = 2,88 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,8 \text{ эВ.}$ <p>Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p> <p><b>Ответ:</b> <math>A_{\text{вых.}} = \frac{hc}{\lambda} - e\phi = 1,8 \text{ эВ}</math>.</p>	
<b>Критерии оценки выполнения задания</b>	<b>Баллы</b>

<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон сохранения энергии для электрона, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и формула, связывающая частоту и длину волны света);</li> <li>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</li> </ul>	3
<p>Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка;</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т. п.).</p>	0