

**C1** В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом отношение массы пара к массе жидкости в сосуде? Ответ поясните.

**Ответ:**

Образец возможного решения	
Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным. При вдвигании поршня происходит изотермическое сжатие пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить конденсация паров воды. Масса жидкости будет при этом увеличиваться, а масса пара уменьшаться. Значит, отношение массы пара к массе жидкости в сосуде будет уменьшаться.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно указаны физические явления и законы (в данном случае — <i>водяной пар становится насыщенным, независимость плотности (давления) насыщенного пара от объема при данной температуре</i> ) и получен верный ответ; 2) приведены рассуждения, приводящие к правильному ответу.	3
Представлено правильное решение и получен верный ответ, но — указаны не все физические явления или законы, необходимые для полного правильного ответа; ИЛИ — не представлены рассуждения, приводящие к ответу.	2
— Правильно указаны физические явления, но в рассуждениях содержится ошибка, которая привела к неверному ответу. ИЛИ — Содержится только правильное указание на физические явления. ИЛИ — Представлен только правильный ответ.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

**C2** На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой  $M = 2$  кг. По доске скользит шайба массой  $m = 0,5$  кг. Коэффициент трения между шайбой и доской  $\mu = 0,2$ . В начальный момент времени скорость шайбы равна  $u_0$ , а доска покоится. В момент  $\tau = 0,8$  с шайба перестает скользить по доске. Чему равна начальная скорость шайбы  $u_0$ ?

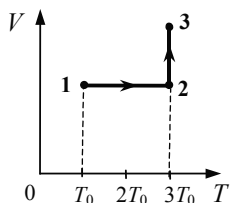


**Ответ:**

Образец возможного решения	
1. Внешние силы, действующие на систему тел «доска – шайба», направлены по вертикали и в сумме равны нулю. Импульс системы тел «доска – шайба» относительно Земли сохраняется: $m u_0 = (M + m) v$ , где $v$ – скорость шайбы и доски после того, как шайба перестала скользить по доске. 2. Сила трения, действующая на доску со стороны шайбы, постоянна $F_{\text{тр}} = \mu mg$ . Под действием этой силы доска движется с ускорением $a = \mu \frac{m}{M} g$ и достигает скорости $v$ за время $\tau = \frac{v}{a} = \frac{M v}{\mu m g} = \frac{M v_0}{\mu g (M + m)}$ . Отсюда $u_0 = \frac{\mu (M + m) g \tau}{M} = 2$ (м/с). Ответ: $u_0 = 2$ м/с.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>закон сохранения импульса, второй закон Ньютона, формула для расчета силы трения</i> ); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями). — 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.	3
— 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.	2

ИЛИ — В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.	1
ИЛИ — Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.	
ИЛИ — Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	
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** Один моль одноатомного идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 3 в соответствии с графиком зависимости его объема  $V$  от температуры  $T$  ( $T_0 = 100$  К). На участке 2 – 3 к газу подводят 2,5 кДж теплоты. Найдите отношение работы газа  $A_{123}$  ко всему количеству подведенной к газу теплоты  $Q_{123}$ .

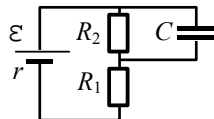


**Ответ:**

Образец возможного решения	
Согласно первому закону термодинамики, $Q_{123} = \Delta U_{123} + A_{123}$ , где	
$A_{123} = A_{12} + A_{23}$ и $\Delta U_{123} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23}$ . В изохорном процессе $A_{12} = 0$ , а в изотермическом процессе $\Delta U_{23} = 0$ . Поэтому $Q_{123} = \Delta U_{12} + A_{23}$ и $A_{123} = A_{23}$ . При переходе 2 → 3: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = A_{23}$ .	
Следовательно, $Q_{123} = \Delta U_{12} + Q_{23}$ .	
Изменение внутренней энергии газа при переходе 1 → 2:	
$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$ . Поскольку $\Delta T_{12} = 2T_0$ , то $\Delta U_{12} = 3\nu RT_0$ .	
Поэтому: $Q_{123} = 3\nu RT_0 + Q_{23}$ . $\frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{Q_{23}}{3\nu RT_0 + Q_{23}} \approx 0,5$ .	

Ответ: $\frac{A_{123}}{Q_{123}} \approx 0,5$ .	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>первый закон термодинамики, формула для расчета внутренней энергии одноатомного идеального газа, равенство нулю работы газа при изохорном процессе</i> ); 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
— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.	2
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.	
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.	1
ИЛИ — Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.	
ИЛИ — Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	
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

**C4** Каково расстояние  $d$  между обкладками конденсатора (см. рисунок), если напряженность электрического поля между ними  $E = 5 \text{ кВ/м}$ , внутреннее сопротивление источника тока  $r = 10 \text{ Ом}$ , его ЭДС  $\mathcal{E} = 20 \text{ В}$ , а сопротивления резисторов  $R_1 = 10 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ ?

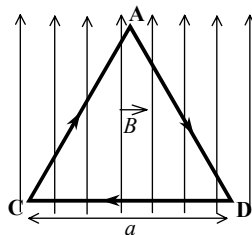


**Ответ:**

Образец возможного решения	
Значения напряжения на конденсаторе и параллельно подсоединенном резисторе одинаковы: $U = IR_2$ , $U = Ed$ , где $E$ — напряженность поля в конденсаторе. Следовательно, $d = \frac{IR_2}{E}$ . Закон Ома: $I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r}$ . Поэтому $d = \frac{\mathcal{E}R_2}{E(R_1 + R_2 + r)} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$ . Ответ: $d = 2 \text{ мм}$ .	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон Ома для полной цепи и участка цепи, равенство напряжений на параллельно соединенных элементах цепи, связь разности потенциалов с напряженностью поля); — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
— 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.	2

– 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. ИЛИ – Отсутствует одна из формул, необходимых 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

- C5** На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жёсткая рамка из однородной тонкой проволоки, согнутая в виде равностороннего треугольника ADC со стороной, равной  $a$  (см. рисунок). Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции которого  $\vec{B}$  перпендикулярен стороне CD и по модулю равен  $B$ . По рамке протекает ток  $I$  по часовой стрелке. При каком значении массы рамки она начинает поворачиваться вокруг стороны CD?



**Ответ:**

Образец возможного решения	
<p>На стороны рамки действует сила Ампера.</p> <p>На сторону AC: <math>F_{A1} = IaB \sin(\pi - \alpha) = \frac{1}{2} IaB</math>, где <math>\alpha = 30^\circ</math>;</p> <p>На сторону AD: <math>F_{A2} = IaB \sin \alpha = \frac{1}{2} IaB</math>;</p> <p>На сторону CD: <math>F_{A3} = IaB</math>.</p> <p>Суммарный момент этих сил относительно оси CD:</p> $N_A = F_A \frac{a\sqrt{3}}{4} + F_A \frac{a\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3} Ia^2 B}{4}.$ <p>Пусть масса рамки равна <math>m</math>, тогда момент силы тяжести</p> $N_{mg} = -\frac{mga}{2\sqrt{3}}. \text{ Условия отрыва: } N_A + N_{mg} \geq 0, \frac{\sqrt{3} Ia^2 B}{4} \geq \frac{mga}{2\sqrt{3}}.$ <p>Отсюда <math>m \leq \frac{3aIB}{2g}</math>. Допускается ответ в виде равенства.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – формулы для расчета силы Ампера, моментов сил);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.</p>	3

<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 допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ 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

**С6** В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластинка облучалась светом с длинами волн соответственно  $\lambda_1 = 350$  нм и  $\lambda_2 = 540$  нм. Каким было отношение максимальных скоростей фотоэлектронов  $\frac{v_1}{v_2}$  в этих опытах, если работа выхода с поверхности металла  $A_{\text{вых}} = 1,9$  эВ?

**Ответ:**

Образец возможного решения	
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом опыте:	
$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{1\text{max}}^2}{2}.$	(1)
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта во втором опыте:	
$h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{2\text{max}}^2}{2}.$	(2)
Связь длины волны света с частотой в первом опыте:	
$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1}.$	(3)
Связь длины волны света с частотой во втором опыте:	
$\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2}.$	(4)
Решая систему уравнений (1) – (4), получаем отношение максимальных скоростей фотоэлектронов:	
$n = \frac{v_{1\text{max}}}{v_{2\text{max}}} = \sqrt{\frac{\frac{hc}{\lambda_1} - A_{\text{вых}}}{\frac{hc}{\lambda_2} - A_{\text{вых}}}} \approx 2. \quad \text{Ответ: } n \approx 2.$	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и формула, связывающая длину волны электромагнитных волн с частотой</i> ); 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

— 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.	2
– 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. ИЛИ – Отсутствует одна из формул, необходимых 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