

- C1** В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса 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 выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить испарение жидкости. Значит, масса 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 — водяной пар становится насыщенным, независимость плотности (давления) насыщенного пара от объема при данной температуре) и дан 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 или законы, но в рассуждениях содержится ошибка, которая привела к неверному ответу. ИЛИ — Содержится только правильное указание на физические явления или законы.	1
— Представлен только правильный ответ.	0
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	

- C2** На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой M . По доске скользит шайба массой $m = 0,5$ кг. Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,2$. В начальный момент времени скорость шайбы $v_0 = 2$ м/с, а доска покоятся. В момент $t = 0,8$ с шайба перестает скользить по доске. Чему равна масса доски M ?



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: $m v_0 = (M + m)v$, 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 $\tau = \frac{v}{a} = \frac{Mv_0}{\mu mg} = \frac{Mv_0}{\mu g(M+m)}$.

Отсюда $M = m \frac{\mu g \tau}{v_0 - \mu g \tau} = 2$ (кг). Ответ: $M = 2$ кг.

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 — закон сохранения импульса, второй закон Ньютона, формула для расчета силы трения); 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,	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,	2

приводящие к ответу.

ИЛИ

— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

— В решении содержится ошибка в необходимых 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

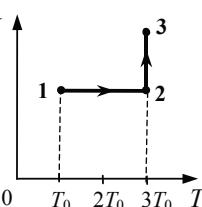
— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

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.).

1

0

С3 Один моль одноатомного идеального газа V переходит из состояния 1 в состояние 3 в соответствии с графиком зависимости его объёма 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 $2 \rightarrow 3$: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = A_{23}$.

Следовательно, $Q_{123} = \Delta U_{12} + Q_{23}$.

Изменение внутренней энергии газа при переходе $1 \rightarrow 2$:

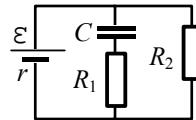
$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} vR\Delta T_{12}. \text{ Поскольку } \Delta T_{12} = 2T_0, \text{ то } \Delta U_{12} = 3vRT_0.$$

$$\text{Поэтому: } Q_{123} = 3vRT_0 + Q_{23}. \quad \frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{Q_{23}}{3vRT_0 + Q_{23}} \approx 0,5.$$

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 кциальному 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

- C4** Напряженность электрического поля плоского конденсатора (см. рисунок) равна 24 кВ/м. Внутреннее сопротивление источника $r = 10 \text{ Ом}$, ЭДС $\mathcal{E} = 30 \text{ В}$, сопротивления резисторов $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$. Найдите расстояние между пластинами конденсатора.



Ответ:

Образец возможного решения

Электрический ток через последовательно включенные R_1 и C не идет, поэтому напряжения на конденсаторе и резисторе R_2 одинаковы и равны: $U = IR_2$, $U = Ed$, где E — напряженность поля в конденсаторе. Отсюда $d = \frac{IR_2}{E}$.

$$\text{Согласно закону Ома, } I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_2}. \Rightarrow d = \frac{\mathcal{E}R_2}{(R_2 + r)E}.$$

Ответ: $d = 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм}$.

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 — закон Ома для полной цепи и участка цепи, равенство напряжений на параллельно соединенных элементах цепи, связь разности потенциалов с напряженностью поля); 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	1

– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.

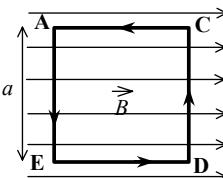
ИЛИ

– 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

- C5** На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жёсткая рамка из однородной тонкой проволоки, согнутая в виде квадрата ACDE со стороной a (см. рисунок). Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции \vec{B} которого перпендикулярен сторонам AE и CD. По рамке против часовой стрелки протекает ток I , масса рамки m . При каком значении модуля вектора магнитной индукции рамка начинает поворачиваться вокруг стороны CD?



– 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.).

Ответ:

Образец возможного решения

Пусть модуль вектора магнитной индукции равен B . На стороны АЕ и СD будут действовать силы Ампера $F_{A1} = F_{A2} = IaB$. Момент силы Ампера относительно оси, проходящей через сторону CD, $N_A = Ia^2B$.

Момент силы тяжести относительно оси CD: $N_{mg} = -\frac{1}{2}mga$.

Условие отрыва: $N_A + N_{mg} \geq 0$, $Ia^2B \geq \frac{mga}{2}$. Отсюда $B \geq \frac{mga}{2aI}$.

Допускается ответ в виде равенства.

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 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); 2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.	3
— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ — В математических преобразованиях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2

- C6** В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластина 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:

$$hv_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_1^2}{2} \quad (1)$$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта во втором опыте:

$$hv_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (2)$$

Связь длины волны света с частотой в первом опыте:

$$\lambda_1 = \frac{c}{v_1} \quad (3)$$

Связь длины волны света с частотой во втором опыте:

$$\lambda_2 = \frac{c}{v_2} \quad (4)$$

Решая систему уравнений (1) – (4), получаем отношение максимальных скоростей фотоэлектронов:

$$n = \frac{v_{1\max}}{v_{2\max}} = \sqrt{\frac{\frac{hc}{\lambda_1} - A_{\text{вых}}}{\frac{hc}{\lambda_2} - A_{\text{вых}}}} \approx 2 \quad \text{Ответ: } n \approx 2.$$

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 кциальному 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.

— В решении содержится ошибка в необходимых 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.

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.).

2

1

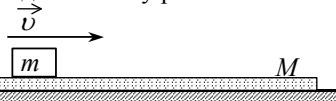
0

- 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	
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 $M = 2 \text{ кг}$. По доске скользит шайба массой m . Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,2$. В начальный момент времени скорость шайбы $v_0 = 2 \text{ м/с}$, а доска покоятся. В момент $t = 0,8 \text{ с}$ шайба перестает скользить по доске. Чему равна масса шайбы m ?



Ответ:

Образец возможного решения	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
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: $m v_0 = (M + m)v$, 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 $\tau = \frac{v}{a} = \frac{Mv_0}{\mu mg} = \frac{Mv_0}{\mu g(M+m)}$. Отсюда $m = M \left(\frac{v_0}{\mu g \tau} - 1 \right) = 0,5 \text{ кг}$. Ответ: $m = 0,5 \text{ кг}$.	3
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Представлено правильное решение и получен верный ответ, без каких-либо числовых расчетов.	2
— 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 необходимых 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.

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.).

1

0

применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — *первый закон термодинамики; формула для расчета работы газа, внутренней энергии одноатомного идеального газа; неизменность внутренней энергии газа при изотермическом процессе*);

— 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.

ИЛИ

— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

— В решении содержится ошибка в необходимых 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

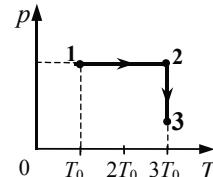
— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

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.).

2

1

0



С3 Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1 – 2 – 3. На участке 2 – 3 к газу подводят 2500 Дж теплоты, $T_0 = 300$ К. Найдите отношение количества подведенной к газу теплоты Q_{123} к работе A_{123} , совершаемой газом в ходе процесса.

Ответ:

Образец возможного решения

$$A_{123} = A_{12} + A_{23}. \text{ Из } pV = vRT \text{ получаем: } p_1 \Delta V_{12} = vR \Delta T_{12} \Rightarrow$$

$$A_{12} = vR \Delta T_{12} = 2vRT_0, \text{ поскольку } \Delta T_{12} = 2T_0.$$

В процессе 2 → 3 $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$. Но он изотермический. Поэтому

$$\Delta U_{23} = 0, \quad A_{23} = Q_{23}, \text{ и } A_{123} = 2vRT_0 + Q_{23}. \quad Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}.$$

Согласно первому закону термодинамики, $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$,

$$\text{причем } \Delta U_{12} = \frac{3}{2} vR \Delta T_{12} = 3vRT_0. \text{ Так как } A_{12} = 2vRT_0, \text{ то } Q_{12} = 5vRT_0,$$

$$Q_{123} = 5vRT_0 + Q_{23}. \quad \frac{Q_{123}}{A_{123}} = \frac{5vRT_0 + Q_{23}}{2vRT_0 + Q_{23}} \approx 2. \quad \text{Ответ: } \frac{Q_{123}}{A_{123}} \approx 2.$$

Критерии оценки выполнения задания

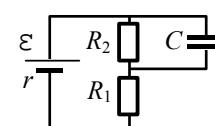
Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

— верно записаны формулы, выражающие физические законы,

3

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



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: $I = \frac{\Sigma}{R_1 + R_2 + r}$. Поэтому $d = \frac{\Sigma R_2}{E(R_1 + R_2 + r)} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$.

Ответ: $d = 2 \text{ мм}$.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> 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

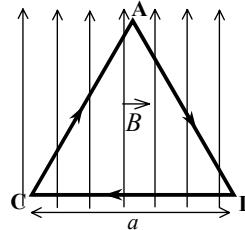
- В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.
ИЛИ
– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.
ИЛИ
– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

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.).

1

0

- C5** На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жёсткая рамка из однородной тонкой проволоки, согнутой в виде равностороннего треугольника ADC со стороной, равной a (см. рисунок). Рамка, по которой течет ток I , находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции которого \vec{B} перпендикулярен стороне CD. Каким должен быть модуль индукции магнитного поля, чтобы рамка начала поворачиваться вокруг стороны CD, если масса рамки m ?



Ответ:

Образец возможного решения

По рамке течет ток I . Пусть модуль вектора магнитной индукции равен B . На стороны рамки действует сила Ампера.

$$\text{На сторону AD: } F_{A1} = IaB \sin(\pi - \alpha) = \frac{1}{2}IaB, \text{ где } \alpha = 30^\circ;$$

$$\text{На сторону AC: } F_{A2} = IaB \sin\alpha = \frac{1}{2}IaB;$$

$$\text{На сторону CD: } F_{A3} = IaB.$$

Суммарный момент этих сил относительно оси CD:

$$N_A = F_{A1} \frac{a\sqrt{3}}{4} + F_{A2} \frac{a\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}Ia^2B}{4}.$$

Момент силы тяжести: $N_{mg} = -\frac{mg a}{2\sqrt{3}}$. Условия отрыва: $N_A + N_{mg} \geq 0$,

$$\frac{\sqrt{3}Ia^2B}{4} \geq \frac{mg a}{2\sqrt{3}}. \text{ Отсюда } B \geq \frac{2mg}{3aI}. \text{ Допускается ответ в виде равенства.}$$

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

- 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*);
- 2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.

— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.

ИЛИ

— В математических преобразованиях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

— 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.).

2

1

0

C6 В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластина облучалась светом с длинами волн соответственно $\lambda_1 = 350$ нм и $\lambda_2 = 540$ нм. В этих опытах максимальные скорости фотоэлектронов отличались в $\frac{v_1}{v_2} = 2$ раза.

Какова работа выхода с поверхности металла?

Ответ:

Образец возможного решения

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом опыте:

$$hv_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_1^2}{2} \quad (1)$$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта во втором опыте:

$$hv_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (2)$$

Связь длины волны света с частотой в первом опыте:

$$\lambda_1 = \frac{c}{v_1} \quad (3)$$

Связь длины волны света с частотой во втором опыте:

$$\lambda_2 = \frac{c}{v_2} \quad (4)$$

Отношение максимальных скоростей фотоэлектронов:

$$n = \frac{v_{1\max}}{v_{2\max}} \quad (5)$$

Решая систему уравнений (1) – (5), получаем: $A_{\text{вых}} = \frac{hc(n^2 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1})}{\lambda_2(n^2 - 1)}$.

Ответ: $A_{\text{вых}} \approx 3,0 \cdot 10^{-19}$ Дж $\approx 1,9$ эВ.

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.	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 необходимых 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.

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.).

1

0

- C1** В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните.

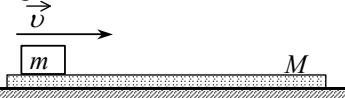
Ответ:

Образец возможного решения

Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным. При выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить испарение жидкости. Значит, масса 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 — водяной пар становится насыщенным, независимость плотности (давления) насыщенного пара от объема при данной температуре) и дан 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 или законы, но в рассуждениях содержится ошибка, которая привела к неверному ответу. ИЛИ — Содержится только правильное указание на физические явления или законы.	1
— Представлен только правильный ответ.	0
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	

- 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 v_0 , а доска покоятся. В момент $t = 0,8$ с шайба перестает скользить по доске. Чему равна начальная скорость шайбы v_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: $m v_0 = (M + m) v$, 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 $\tau = \frac{v}{a} = \frac{Mv}{\mu mg} = \frac{Mv_0}{\mu g(M+m)}$.

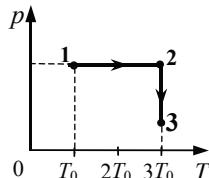
Отсюда $v_0 = \frac{\mu(M+m)g\tau}{M} = 2$ (м/с). Ответ: $v_0 = 2$ м/с.

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 — закон сохранения импульса, второй закон Ньютона, формула для расчета силы трения); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен отчет. 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.	2

<p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка. — Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи. <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>	1
--	---

C3 Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1 – 2 – 3. На участке 2 – 3 к газу подводят 2500 Дж теплоты, $T_0 = 300$ К. Найдите отношение количества подведенной к газу теплоты Q_{123} к работе A_{123} , совершающей газом в ходе процесса.

Ответ:



Образец возможного решения

$$A_{123} = A_{12} + A_{23}. \text{ Из } pV = vRT \text{ получаем: } p_1 \Delta V_{12} = vR \Delta T_{12} \Rightarrow$$

$$A_{12} = vR \Delta T_{12} = 2vRT_0, \text{ поскольку } \Delta T_{12} = 2T_0.$$

В процессе 2 → 3 $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$. Но он изотермический. Поэтому

$$\Delta U_{23} = 0, \quad A_{23} = Q_{23}, \quad \text{и} \quad A_{123} = 2vRT_0 + Q_{23}. \quad Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}.$$

Согласно первому закону термодинамики, $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$,

$$\text{причем } \Delta U_{12} = \frac{3}{2} vR \Delta T_{12} = 3vRT_0. \text{ Так как } A_{12} = 2vRT_0, \text{ то } Q_{12} = 5vRT_0,$$

$$Q_{123} = 5vRT_0 + Q_{23}. \quad \frac{Q_{123}}{A_{123}} = \frac{5vRT_0 + Q_{23}}{2vRT_0 + Q_{23}} \approx 2. \quad \text{Ответ: } \frac{Q_{123}}{A_{123}} \approx 2.$$

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	3

способом (в данном решении — первый закон термодинамики; формула для расчета работы газа, внутренней энергии одноатомного идеального газа; неизменность внутренней энергии газа при изотермическом процессе);

— 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.

ИЛИ

— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

— В решении содержится ошибка в необходимых 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.

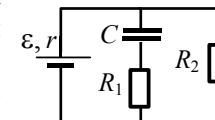
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т п.).

2

1

0

- C4** Чему равен электрический заряд конденсатора электроемкостью $C = 1000 \text{ мкФ}$ (см. рисунок), если внутреннее сопротивление источника тока $r = 10 \text{ Ом}$, ЭДС $\mathcal{E} = 30 \text{ В}$, а сопротивления резисторов $R_1 = 40 \text{ Ом}$ и $R_2 = 20 \text{ Ом}$?



Ответ:

Образец возможного решения

Электрический ток через последовательно включенные R_1 и C не идет, поэтому напряжения на конденсаторе и резисторе R_2 одинаковы и равны:

$$U = IR_2, \quad U = \frac{Q}{C}, \Rightarrow Q = IR_2C.$$

$$\text{Закон Ома для полной цепи: } I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_2}.$$

$$\text{Следовательно, } Q = \frac{\mathcal{E}R_2C}{R_2 + r} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ (Кл). Ответ: } Q = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Кл.}$$

Критерии оценки выполнения задания

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

- 1) 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 напряжения на конденсаторе с его зарядом и емкостью);
- 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.

ИЛИ

— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

Баллы

3

2

– В решении содержится ошибка в необходимых 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

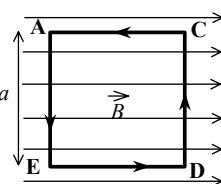
– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

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.).

1

0

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



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

Ответ:

Образец возможного решения

На стороны AE и CD будут действовать силы Ампера $F_{A1} = F_{A2} = IaB$. Момент силы Ампера относительно оси, проходящей через сторону CD , $N_A = Ia^2B$.

Пусть масса рамки равна m , тогда момент силы тяжести относительно оси CD : $N_{mg} = -\frac{1}{2}mga$.

Условие отрыва: $N_A + N_{mg} \geq 0$, $Ia^2B \geq \frac{mga}{2}$. Отсюда $m \leq \frac{2aIB}{g}$.

Допускается ответ в виде равенства.

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 случае – <i>формулы для расчета силы Ампера, моментов сил</i>); 2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.	3
— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.	2
ИЛИ	
— В математических преобразованиях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	
— Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.	1
ИЛИ	
— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	

- C6** 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:	
$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{1\max}^2}{2}$.	(1)
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта во втором опыте:	
$h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{2\max}^2}{2}$.	(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:	
$n = \frac{\nu_{1\max}}{\nu_{2\max}} = \sqrt{\frac{\frac{hc}{\lambda_1} - A_{\text{вых}}}{\frac{hc}{\lambda_2} - A_{\text{вых}}}} \approx 2$. 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 кциальному 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

- 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 масса пара в сосуде? Ответ поясните.

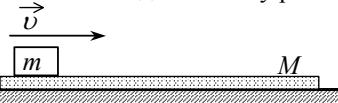
Ответ:

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. Значит, масса пара 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 дан 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 или законы, но в рассуждениях содержится ошибка, которая привела к неверному ответу. ИЛИ — Содержится только правильное указание на физические явления или законы.	1
— Представлен только правильный ответ.	0
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	

- C2** На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой M . По доске скользит шайба массой $m = 0,5 \text{ кг}$. Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,2$. В начальный момент времени скорость шайбы $v_0 = 2 \text{ м/с}$, а доска покоятся. В момент $t = 0,8 \text{ с}$ шайба перестает скользить по доске. Чему равна масса доски M ?



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: $m v_0 = (M + m)v$, 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 $\tau = \frac{v}{a} = \frac{Mv_0}{\mu mg} = \frac{Mv_0}{\mu g(M+m)}$.
Отсюда $M = m \frac{\mu g \tau}{v_0 - \mu g \tau} = 2 \text{ (кг)}$. Ответ: $M = 2 \text{ кг}$.

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 отчет. 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

<p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка. — Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи. <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>	1
<p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи. <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

C3 Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1 – 2 – 3 (см. рисунок, где $T_0 = 100$ К). На участке 2 – 3 к газу подводят 2,5 кДж теплоты. Найдите отношение работы A_{123} , совершаемой газом в ходе процесса, к количеству поглощенной газом теплоты Q_{123} .

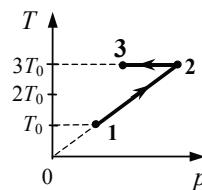
Ответ:

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: $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} vR\Delta T_{12}$. Поскольку $\Delta T_{12} = 2T_0$, то

$$\Delta U_{12} = 3vRT_0. \text{ Поэтому } Q_{123} = 3vRT_0 + Q_{23}; \frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{Q_{23}}{3vRT_0 + Q_{23}}.$$

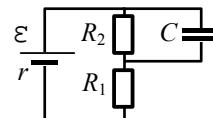
Ответ: $\frac{A_{123}}{Q_{123}} \approx 0,5$.



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 кциальному 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.	2
ИЛИ В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу. ИЛИ — В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.	1
— 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 $r = 10 \Omega$, его ЭДС $\mathcal{E} = 20 \text{ В}$, а сопротивления резисторов $R_1 = 10 \Omega$ и $R_2 = 20 \Omega$?

Ответ:

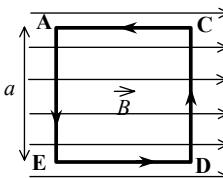


- В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.
ИЛИ
– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.
ИЛИ
– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

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.).

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 $d = \frac{\mathcal{E}R_2}{\mathcal{E}(R_1 + R_2 + r)} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$.	
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 — 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). — 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.	3
	2

- C5** На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жёсткая рамка из однородной тонкой проволоки, согнутая в виде квадрата ACDE со стороной a (см. рисунок). Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции \vec{B} которого перпендикулярен сторонам AE и CD. По рамке против часовой стрелки протекает ток I , масса рамки m . При каком значении модуля вектора магнитной индукции рамка начинает поворачиваться вокруг стороны CD?



Ответ:

Образец возможного решения

Пусть модуль вектора магнитной индукции равен B . На стороны AE и CD будут действовать силы Ампера $F_{A1} = F_{A2} = IaB$. Момент силы Ампера относительно оси, проходящей через сторону CD, $N_A = Ia^2B$.

Момент силы тяжести относительно оси CD: $N_{mg} = -\frac{1}{2}mga$.

Условие отрыва: $N_A + N_{mg} \geq 0$, $Ia^2B \geq \frac{mga}{2}$. Отсюда $B \geq \frac{mga}{2aI}$.

Допускается ответ в виде равенства.

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 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); 2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.	3
---	---

— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ — В математических преобразованиях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
--	---

– 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.).

1

0

- C6** В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластиинка, для которой работа выхода с поверхности металла $A_{\text{вых}} = 1,9 \text{ эВ}$, облучалась светом с длинами волн соответственно λ_1 и λ_2 . Какой была длина волны во втором опыте λ_2 , если в первом она составляла $\lambda_1 = 350 \text{ нм}$, а отношение максимальных скоростей фотоэлектронов $\frac{v_1}{v_2} = 2$?

Ответ:

Образец возможного решения	
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом опыте:	
$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_1^2}{2}$.	(1)
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта во втором опыте:	
$h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_2^2}{2}$.	(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)
Отношение максимальных скоростей фотоэлектронов:	
$n = \frac{\nu_1}{\nu_2}$.	(5)
Решая систему уравнений (1) – (5), получаем: $\lambda_2 = \frac{n^2 hc \lambda_1}{hc + A_{\text{вых}} \lambda_1 (n^2 - 1)}$.	
Ответ: $\lambda_2 \approx 540 \text{ нм}$.	
Критерии оценки выполнения задания	
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).	Баллы
	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

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	
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 $v_0 = 2$ м/с, а доска покоится. Сколько времени потребуется для того, чтобы шайба перестала скользить по доске?



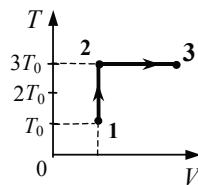
Ответ:

Образец возможного решения	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
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: $m v_0 = (M + m) v$, где v – скорость шайбы и доски после того, как шайба перестала скользить по доске. 2. Сила трения, действующая на доску со стороны шайбы, постоянна $F_{tp} = \mu mg$. Под действием этой силы доска движется с ускорением $a = \mu \frac{m}{M} g$ и достигает скорости v за время $\tau = \frac{v}{a} = \frac{Mv}{\mu mg} = \frac{Mv_0}{\mu g(M+m)} = 0,8$ (с). Ответ: $\tau = 0,8$ с.	3
Критерии оценки выполнения задания	2

<p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу. 	
<ul style="list-style-type: none"> — В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи. 	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

C3 Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1 – 2 – 3 (см. рисунок, где $T_0 = 100$ К). На участке 2 – 3 к газу подводят 2,5 кДж теплоты. Найдите отношение полного подведенного к газу количества теплоты Q_{123} к работе A_{123} , совершенной газом в ходе процесса.

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:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} vR\Delta T_{12}. \text{ Поскольку } \Delta T_{12} = 2T_0, \text{ то } \Delta U_{12} = 3vRT_0.$$

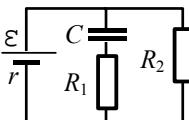
$$\text{Поэтому: } Q_{123} = 3vRT_0 + Q_{23}, \quad \frac{Q_{123}}{A_{123}} = \frac{3vRT_0 + Q_{23}}{Q_{23}} \approx 2.$$

Ответ: $\frac{Q_{123}}{A_{123}} \approx 2$.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:	3
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).	
— 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** Напряженность электрического поля плоского конденсатора (см. рисунок) равна 24 кВ/м. Внутреннее сопротивление источника $r = 10 \text{ Ом}$, ЭДС $\mathcal{E} = 30 \text{ В}$, сопротивления резисторов $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$. Найдите расстояние между пластинами конденсатора.

Ответ:



Образец возможного решения

Электрический ток через последовательно включенные R_1 и C не идет, поэтому напряжения на конденсаторе и резисторе R_2 одинаковы и равны: $U = IR_2$, $U = Ed$, где E — напряженность поля в конденсаторе. Отсюда $d = \frac{IR_2}{E}$.

$$\text{Согласно закону Ома, } I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_2}. \Rightarrow d = \frac{\mathcal{E}R_2}{(R_2 + r)E}.$$

Ответ: $d = 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм}$.

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 — закон Ома для полной цепи и участка цепи, равенство напряжений на параллельно соединенных элементах цепи, связь разности потенциалов с напряженностью поля); 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.	2
— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу. ИЛИ — В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ	1

– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.

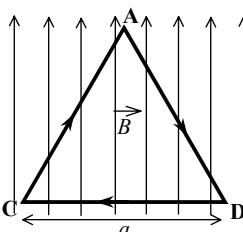
ИЛИ

– 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

- C5** На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жесткая 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

На стороны рамки действует сила Ампера.

$$\text{На сторону AC: } F_{A1} = IaB \sin(\pi - \alpha) = \frac{1}{2} IaB, \text{ где } \alpha = 30^\circ;$$

$$\text{На сторону AD: } F_{A2} = IaB \sin\alpha = \frac{1}{2} IaB;$$

$$\text{На сторону CD: } F_{A3} = IaB.$$

Суммарный момент этих сил относительно оси CD:

$$N_A = F_A \frac{a\sqrt{3}}{4} + F_A \frac{a\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{4} Ia^2 B.$$

Пусть масса рамки равна m , тогда момент силы тяжести $N_{mg} = -\frac{mg a}{2\sqrt{3}}$. Условия отрыва: $N_A + N_{mg} \geq 0, \frac{\sqrt{3}}{4} Ia^2 B \geq \frac{mg a}{2\sqrt{3}}$.

Отсюда $m \leq \frac{3aIB}{2g}$. Допускается ответ в виде равенства.

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

- 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*);
- 2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.

3

— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.

ИЛИ

— В математических преобразованиях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

— 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.).

2

1

0

C6 В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластина облучалась светом с длинами волн соответственно $\lambda_1 = 350$ нм и $\lambda_2 = 540$ нм. В этих опытах максимальные скорости фотоэлектронов отличались в $\frac{v_1}{v_2} = 2$ раза.

Какова работа выхода с поверхности металла?

Ответ:

Образец возможного решения

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом опыте:

$$hv_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_1^2}{2} \quad (1)$$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта во втором опыте:

$$hv_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (2)$$

Связь длины волны света с частотой в первом опыте:

$$\lambda_1 = \frac{c}{v_1} \quad (3)$$

Связь длины волны света с частотой во втором опыте:

$$\lambda_2 = \frac{c}{v_2} \quad (4)$$

Отношение максимальных скоростей фотоэлектронов:

$$n = \frac{v_{1\max}}{v_{2\max}} \quad (5)$$

Решая систему уравнений (1) – (5), получаем: $A_{\text{вых}} = \frac{hc(n^2 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1})}{\lambda_2(n^2 - 1)}$.

Ответ: $A_{\text{вых}} \approx 3,0 \cdot 10^{-19}$ Дж $\approx 1,9$ эВ.

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.	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 необходимых 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.

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.).

1

0

- 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 масса жидкости в сосуде? Ответ поясните.

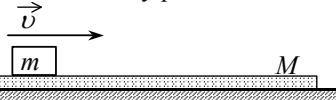
Ответ:

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. Значит, масса жидкости в сосуде будет увеличиваться.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно указаны физические явления и законы (в данном случае — водяной пар становится насыщенным, независимость плотности (давления) насыщенного пара от объема при данной температуре) и дан 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 или законы, но в рассуждениях содержится ошибка, которая привела к неверному ответу. ИЛИ — Содержится только правильное указание на физические явления или законы.	1
— Представлен только правильный ответ.	0

- C2** На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой $M = 2$ кг. По доске скользит шайба массой m . Коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,2$. В начальный момент времени скорость шайбы $v_0 = 2$ м/с, а доска покоятся. В момент $t = 0,8$ с шайба перестает скользить по доске. Чему равна масса шайбы m ?



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: $m v_0 = (M + m)v$, 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 $a = \frac{\mu m}{M} g$ и достигает скорости v за время $\tau = \frac{v}{a} = \frac{Mv_0}{\mu mg} = \frac{Mv_0}{\mu g(M+m)}$.

$$\text{Отсюда } m = M \left(\frac{v_0}{\mu g \tau} - 1 \right) = 0,5 \text{ кг. Ответ: } m = 0,5 \text{ кг.}$$

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 — закон сохранения импульса, второй закон Ньютона, формула для расчета силы трения); 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,	2

приводящие к ответу.

ИЛИ

— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

— В решении содержится ошибка в необходимых 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

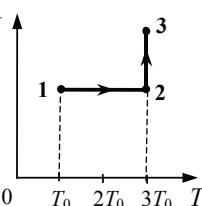
— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

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.).

1

0

C3 Один моль одноатомного идеального газа V переходит из состояния 1 в состояние 3 в соответствии с графиком зависимости его объёма 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 $2 \rightarrow 3$: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = A_{23}$.

Следовательно, $Q_{123} = \Delta U_{12} + Q_{23}$.

Изменение внутренней энергии газа при переходе $1 \rightarrow 2$:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} vR\Delta T_{12}. \text{ Поскольку } \Delta T_{12} = 2T_0, \text{ то } \Delta U_{12} = 3vRT_0.$$

$$\text{Поэтому: } Q_{123} = 3vRT_0 + Q_{23}. \quad \frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{Q_{23}}{3vRT_0 + Q_{23}} \approx 0,5.$$

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, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — *первый закон термодинамики, формула для расчета внутренней энергии одноатомного идеального газа, равенство нулю работы газа при изохорном процессе*);

2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие кциальному 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.

ИЛИ

— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

— В решении содержится ошибка в необходимых 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.

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.).

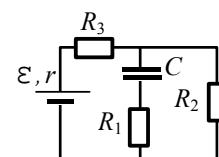
2

1

0

- C4** В схеме на рисунке электрический заряд Q на обкладках конденсатора электроемкостью $C = 1000 \text{ мкФ}$ равен 10 мКл . Внутреннее сопротивление источника тока $r = 10 \Omega$, сопротивление резисторов $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$ и $R_3 = 30 \Omega$. Какова ЭДС источника тока?

Ответ:



Образец возможного решения

Электрический ток через последовательно включенные R_1 и C не идет, поэтому напряжения на конденсаторе и резисторе R_2 одинаковы:

$$U = IR_2, \text{ так как } U = \frac{Q}{C} \text{ то } I = \frac{Q}{R_2 C}.$$

$$\text{Закон Ома для полной цепи: } I = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + R_3 + r}. \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{Q(R_2 + R_3 + r)}{R_2 C}.$$

Ответ: ЭДС = 30 В.

Критерии оценки выполнения задания

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

1) 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 напряжения на конденсаторе с его зарядом и емкостью);

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.

ИЛИ

— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

Баллы

3

2

– В решении содержится ошибка в необходимых 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

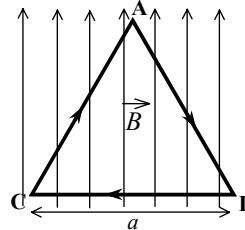
– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

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.).

1

0

- C5** На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит проводящая жесткая рамка из однородной тонкой проволоки, согнутой в виде равностороннего треугольника ADC со стороной, равной a (см. рисунок). Рамка, по которой течет ток I , находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции которого \vec{B} перпендикулярен стороне CD. Каким должен быть модуль индукции магнитного поля, чтобы рамка начала поворачиваться вокруг стороны CD, если масса рамки m ?



Ответ:

Образец возможного решения

По рамке течет ток I . Пусть модуль вектора магнитной индукции равен B . На стороны рамки действует сила Ампера.

$$\text{На сторону AD: } F_{A1} = IaB \sin(\pi - \alpha) = \frac{1}{2} IaB, \text{ где } \alpha = 30^\circ;$$

$$\text{На сторону AC: } F_{A2} = IaB \sin\alpha = \frac{1}{2} IaB;$$

$$\text{На сторону CD: } F_{A3} = IaB.$$

Суммарный момент этих сил относительно оси CD:

$$N_A = F_{A1} \frac{a\sqrt{3}}{4} + F_{A2} \frac{a\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{4} Ia^2 B.$$

Момент силы тяжести: $N_{mg} = -\frac{mg a}{2\sqrt{3}}$. Условия отрыва: $N_A + N_{mg} \geq 0$,

$$\frac{\sqrt{3}}{4} Ia^2 B \geq \frac{mg a}{2\sqrt{3}}. \text{ Отсюда } B \geq \frac{2mg}{3aI}. \text{ Допускается ответ в виде равенства.}$$

Критерии оценки выполнения задания

Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:

- 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*);
- 2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.

Баллы

3

— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.

ИЛИ

— В математических преобразованиях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

— 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.).

2

1

0

- C6** В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластиинка, для которой работа выхода с поверхности металла $A_{\text{вых}} = 1,9 \text{ эВ}$, облучалась светом с длинами волн соответственно λ_1 и λ_2 . Какой была длина волны в первом опыте λ_1 , если во втором она составляла $\lambda_2 = 540 \text{ нм}$, а отношение максимальных скоростей фотоэлектронов $\frac{v_1}{v_2} = 2$?

Ответ:

Образец возможного решения	
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом опыте:	
$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_1^2}{2}$	(1)
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта во втором опыте:	
$h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_2^2}{2}$	(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)
Отношение максимальных скоростей фотоэлектронов:	
$n = \frac{v_1}{v_2}$	(5)
Решая систему уравнений (1) – (5), получаем: $\lambda_1 = \frac{hc\lambda_2}{n^2hc + A_{\text{вых}}\lambda_2(1 - n^2)}$.	
Ответ: $\lambda_1 \approx 360 \text{ нм}$.	
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 — <u>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и формула, связывающая длину волны электромагнитных волн с частотой</u>); 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.	1
ИЛИ	
— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	1
— 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.	0
ИЛИ	
— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	0
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