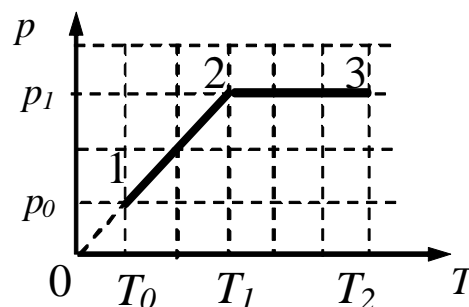


## Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

28

В горизонтальном сосуде, закрытом поршнем, находится разреженный газ. Максимальная сила трения между поршнем и стенками сосуда составляет  $F_{\text{тр. макс}}$ , а площадь поршня равна  $S$ . На  $pT$ -диаграмме показано, как изменялись давление и температура разреженного газа в процессе его нагревания. Как изменялся объём газа (увеличивался, уменьшался или же оставался неизменным) на участках 1-2 и 2-3? Объясните причины такого изменения объёма газа в процессе его нагревания, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



## Образец возможного решения

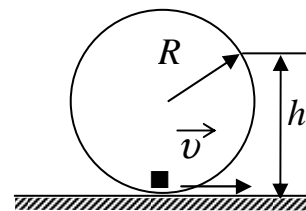
- 1) На участке 1–2 процесс изохорный, объём газа под поршнем остаётся постоянным. Поршень остаётся в покое, пока сила трения покоя не достигнет максимального значения  $F_{\text{тр. макс}}$ .
- 2) На участке 2-3 процесс изобарный. Поршень начинает двигаться при условии, что сила давления со стороны газа становится больше, чем сумма силы трения и силы давления на поршень со стороны атмосферы:  
 $p_1 S \geq F_{\text{тр. макс}} + p_{\text{атм}} S$ . По закону Гей-Люссака при увеличении температуры объём увеличивается.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>изменение объема газа</i> ), и полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – <i>изохорный и изобарный процессы, закон Гей-Люссака, условие равновесия поршня</i> ).	3

<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления, законы и закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <b><u>одному</u></b> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

29

Небольшая шайба массой 10 г скатывается по внутренней поверхности гладкого закреплённого кольца радиусом  $R = 0,16$  м и в нижней точке приобретает некоторую скорость  $v$  (см. рисунок). На высоте  $h = 0,2$  м шайба отрывается от кольца и начинает свободно падать. Определите силу, с которой шайба давит на поверхность кольца в нижней точке траектории.

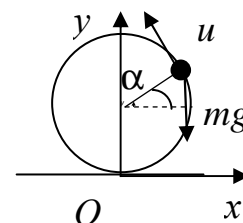


Возможное решение

В момент отрыва от кольца на высоте  $h$  шайба имела скорость  $u$ , определяемую из закона сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgh.$$

При этой скорости ее центростремительное ускорение  $a_{цс} = \frac{u^2}{R}$  в инерциальной системе отсчета  $Oxy$ , связанной с Землёй, в соответствии со вторым законом Ньютона вызвано только радиальной составляющей силы тяжести, действующей на шайбу, т.к. сила реакции поверхности кольца в этот момент становится равной нулю:



$$ma_{цс} = mg \sin \alpha.$$

Учитывая, что  $\sin \alpha = \frac{h-R}{R}$ , исключим из системы уравнений  $a_{цс}$  и  $u$ :

$$v^2 = g(h-R) + 2gh = 4,4 \text{ (м/с)}^2.$$

В нижней точке траектории согласно второму закону Ньютона:

$$\frac{mv^2}{R} = N - mg. \text{ Следовательно, } N = \frac{mv^2}{R} + mg \approx 0,38\text{Н}$$

Ответ:  $N \approx 0,38\text{Н}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, закон сохранения энергии, формула для центростремительного ускорения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

30

В калориметре находится лёд при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ . В него добавляют 50 г воды, имеющей температуру  $30^{\circ}\text{C}$ . После установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной  $-2^{\circ}\text{C}$ . Определите первоначальную массу льда в калориметре. Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебречь.

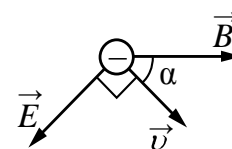
Возможное решение
<p>Количество теплоты, необходимое для нагревания льда, находящегося в калориметре, от температуры <math>t_1 = -10^{\circ}\text{C}</math> до температуры <math>t = -2^{\circ}\text{C}</math>:</p> $Q = c_1 m_1 (t - t_1). \quad (1)$
<p>Количество теплоты, выделяющееся при охлаждении воды от <math>t_2 = 30^{\circ}\text{C}</math> до <math>t_0 = 0^{\circ}\text{C}</math>:</p> $Q_1 = c_2 m_2 (t_2 - t_0). \quad (2)$
<p>Количество теплоты, выделяющееся при отвердевании воды при <math>0^{\circ}\text{C}</math>:</p> $Q_2 = \lambda m_2. \quad (3)$
<p>Количество теплоты, выделяющееся при охлаждении льда, полученного из воды, от температуры <math>t_0 = 0^{\circ}\text{C}</math> до температуры <math>t = -2^{\circ}\text{C}</math>:</p> $Q_3 = c_1 m_2 (t_0 - t). \quad (4)$
<p>Уравнение теплового баланса: <math>Q = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (5)</math></p>
<p>Объединяя (1)–(5), получаем: <math>m_1 = \frac{m_2 (c_2 t_2 + \lambda + c_1 (t_0 - t))}{c_1 (t - t_1)} \approx 1,37 \text{ кг}.</math></p>

Ответ: $m \approx 1,37$ кг	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение теплового баланса, формулы для удельной теплоемкости и удельной теплоты плавления</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи и получение ответа.</p>	1

ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

31

Точечный отрицательный заряд  $q = -1,5 \cdot 10^{-12}$  Кл движется в однородных электрическом и магнитном полях. Напряжённость электрического поля  $E = 1200$  В/м; индукция магнитного поля  $B = 0,03$  Тл. В некоторый момент времени скорость заряда равна по величине  $v = 10^5$  м/с и лежит в плоскости векторов  $\vec{B}$  и  $\vec{E}$ , при этом вектор  $\vec{v}$  перпендикулярен вектору  $\vec{E}$  и составляет с вектором  $\vec{B}$  угол  $\alpha = 45^\circ$ . Найдите величину результирующей силы, действующей на заряд со стороны электромагнитного поля в этот момент времени.



## Возможное решение

Сила, действующая на заряд со стороны электрического поля, направлена противоположно вектору  $\vec{E}$ . Величина силы определяется формулой  $F_1 = |q|E$ .

Сила Лоренца, действующая на заряд со стороны магнитного поля, направлена по правилу левой руки перпендикулярно плоскости чертежа «от нас». Величина силы определяется формулой  $F_2 = |q|vB \sin \alpha$ . Величина результирующей силы  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ .

$$F = |q| \sqrt{E^2 + (vB \sin \alpha)^2} = 1,5 \cdot 10^{-12} \cdot \sqrt{1200^2 + \left(10^5 \cdot 0,03 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} \approx 3,7 \cdot 10^{-9} \text{ Н.}$$

Ответ:  $F \approx 3,7 \cdot 10^{-9}$  Н

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы для силы, действующей на заряд в электрическом поле, силы Лоренца и величины результирующей силы</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи и получение ответа.</p>	1



ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

32

В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью 4000 пФ. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд, равный  $3,3 \cdot 10^{-10}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция составляет  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите длину волны света, освещающего катод. Электроёмкостью системы электродов по сравнению с электроёмкостью конденсатора пренебречь.

Возможное решение
<p>кинетическая энергия электронов, создающих фототок, определяется из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта, <math>\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}</math>.</p> <p>Фототок прекращается при условии равенства максимальной кинетической энергии электрона и изменения его потенциальной энергии при перемещении в электростатическом поле: <math>\frac{mv^2}{2} = eU</math>, где <math>U</math> – напряжение между обкладками конденсатора.</p> <p>Разность потенциалов связана с зарядом конденсатора: <math>q = CU</math>.</p> <p>Решив полученную систему уравнений, находим:</p> $\lambda = \frac{hc}{A + eq/C} \approx 430 \text{ (нм)}.$ <p>Ответ: <math>\lambda \approx 435 \text{ нм}</math></p>

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, взаимосвязь частоты и длины волны фотона, формула для заряда конденсатора, равенство максимальной кинетической энергии фотоэлектронов изменению его потенциальной энергии в электрическом поле</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием,</p>	1

<p>направленных на решение задачи и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

### Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

28

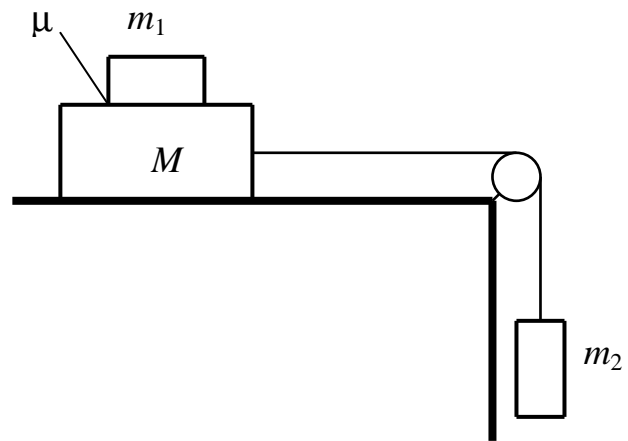
В вертикальном цилиндрическом сосуде под поршнем находится воздух, водяной пар и капли воды на стенках сосуда. Поршень начинают медленно поднимать, увеличивая объём сосуда. В середине процесса подъёма поршня капли воды в сосуде исчезают, температура пара остается неизменной в течение всего процесса подъёма поршня. Затем сосуд с паром нагревают при неизменном положении поршня. Как будет меняться при этих процессах влажность воздуха в сосуде? Ответ поясните, указав какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

Возможное решение	
<p>1. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным. Начальная влажность воздуха равна 100%.</p> <p>2. При увеличении объёма сосуда сначала пар остается насыщенным, а затем (во второй половине процесса) переходит в ненасыщенное состояние и испытывает изотермическое расширение. Влажность воздуха, определяемая по формуле <math>\varphi = \frac{\rho}{\rho_{нас}}</math>, уменьшается, так как при изотермическом расширении плотность пара уменьшается, а плотность насыщенных паров остается неизменной.</p> <p>3. В процессе изохорного нагревания пара плотность пара остается неизменной. Плотность насыщенных паров при увеличении температуры увеличивается. Следовательно, при нагревании влажность воздуха уменьшается.</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>изменение влажности воздуха</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>формула для влажности воздуха, условие перехода насыщенного пара в ненасыщенный, изотермический и изохорный процессы</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков:  В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)	2

<p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления, законы и закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

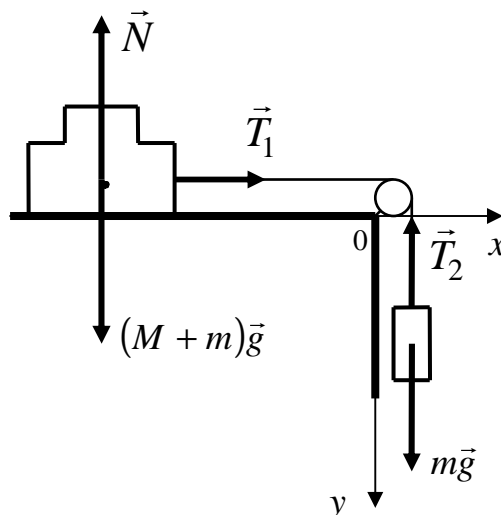
29

Система грузов  $M$ ,  $m_1$  и  $m_2$ , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола – горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами  $M$  и  $m_1$  равен  $\mu = 0,3$ . Грузы  $M$  и  $m_2$  связаны легкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть  $M = 2,4$  кг,  $m_1 = m_2 = m$ . При каких значениях  $m$  грузы  $M$  и  $m_1$  движутся как одно целое? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на грузы.



Возможное решение

1. Пока грузы  $M$  и  $m_1$  движутся как одно целое, будем считать их одним телом  $M + m$  сложной формы. На рисунке показаны внешние силы, действующие на это тело и на груз  $m_2$ .



2. Будем считать систему отсчета, связанную со столом, инерциальной. Запишем второй закон Ньютона для каждого из тел в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  введенной системы координат:

$$\left. \begin{aligned} Ox: (M + m)a_1 = T_1 \\ Oy: ma_2 = mg - T_2 \end{aligned} \right\}$$

Учтем, что

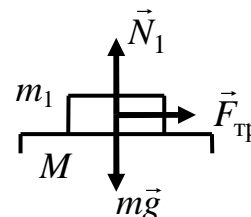
$T_1 = T_2 = T$  (нить легкая, скользит по блоку без трения),

$a_1 = a_2 = a$  (нить нерастяжима), и сложим уравнения.

Получим:

$$(M + 2m)a = mg, \text{ откуда } a = g \frac{m}{M + 2m}.$$

3. Рассмотрим груз  $m_1$  отдельно. Запишем для него второй закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  и учтем, что груз  $m_1$  покоится относительно груза  $M$ :



$$\left. \begin{aligned} Ox: ma = F_{\text{тр}} \\ Oy: mg - N_1 = 0 \\ F_{\text{тр}} \leq \mu N_1 \end{aligned} \right\}$$

Получим:

$$ma \leq \mu N_1 = \mu mg, \text{ откуда } a = g \frac{m}{M + 2m} \leq \mu g.$$

Решая неравенство  $\frac{m}{M + 2m} \leq \mu$  относительно  $m$ , получим:

$$m \leq \frac{\mu M}{1 - 2\mu} = 1,8 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m \leq 1,8 \text{ кг}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, условие, при котором грузы движутся как целое</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлен схематичный рисунок;</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункта II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи и получение ответа.</p>	1



ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

30

Теплоизолированный сосуд объемом  $V = 4 \text{ м}^3$  разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в одной части сосуда находится 1 моль гелия, а в другой 1 моль неона. Атомы гелия могут свободно проникать через перегородку, а атомы неона – нет. Начальная температура гелия равна температуре неона:  $T = 400 \text{ К}$ . Определите внутреннюю энергию газа в той части сосуда, где первоначально находился неон, после установления равновесия в системе.

#### Возможное решение

По условию задачи при установлении термодинамического равновесия газ в сосуде не обменивается теплом с внешним миром и не совершает работы. Поэтому внутренняя энергия газа сохраняется, вследствие чего температура газа в конечном состоянии такая же, как и в начальном.

После установления равновесия в системе гелий равномерно распределится по всему сосуду, температура газов не изменится.

В результате количество газа в той части сосуда, где первоначально находился неон, окажется  $\nu_1 = \nu/2 = 0,5$  моль гелия и  $\nu_2 = \nu = 1$  моль неона.

Внутренняя энергия газа пропорциональна температуре и количеству молей вещества. Следовательно, внутренняя энергия смеси газов равна:  $U = \frac{3}{2}\nu RT$ ,

где  $\nu = \nu_1 + \nu_2$ .

Окончательно получим:  $U = \frac{3}{2}\left(\frac{\nu}{2} + \nu\right)RT = \frac{9}{4}\nu RT = \frac{9}{4} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \approx 7480 \text{ Дж}$

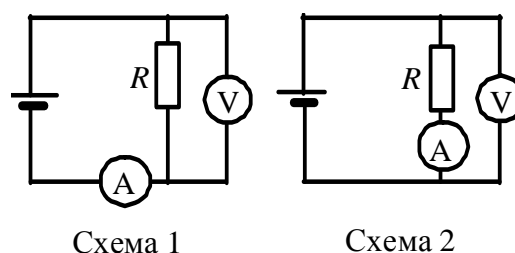
Ответ:  $U \approx 7480 \text{ Дж}$ .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для внутренней энергии идеального газа, условие установления равновесия в сосуде</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи и получение ответа.</p>	1

ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

31

Одни и те же элементы соединены в электрическую цепь сначала по схеме 1, а затем по схеме 2 (см. рисунок). Сопротивление резистора равно  $R$ , сопротивление амперметра  $\frac{1}{100}R$ , сопротивление вольтметра  $9R$ . Найдите



отношение мощностей  $\frac{P_2}{P_1}$ , выделяемых на резисторах в этих схемах.

Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.

Возможное решение

Пусть  $R_A$  – сопротивление амперметра,  $R_V$  – сопротивление вольтметра,  $\mathcal{E}$  – ЭДС источника.

В схеме 1 ток через амперметр определяется с помощью закона Ома для замкнутой цепи:  $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_A + R_1}$ , где  $R_1 = \frac{RR_V}{R + R_V} = 0,9R$  – сопротивление участка цепи, содержащего вольтметр.

$$\text{Отсюда } I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_A + R_1} = \frac{\mathcal{E}}{0,01R + 0,9R} = \frac{100 \mathcal{E}}{91 R}.$$

В схеме 2 ток через амперметр не зависит от сопротивления вольтметра, т.к. внутреннее сопротивление источника тока пренебрежимо мало:

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_A + R} = \frac{\mathcal{E}}{1,01R} = \frac{100 \mathcal{E}}{101 R}.$$

$$\text{Отношение мощностей } \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2^2 R}{I_1^2 R} \approx 0,81.$$

$$\text{Ответ: } \frac{P_2}{P_1} \approx 0,81.$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Ома для полной цепи, формулы для мощности тока и определения общего сопротивления в цепях с последовательным и параллельным соединением проводников);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи и получение ответа.</p>	1

ИЛИ	
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ	
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

32

Фотокатод, покрытый кальцием, освещается светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм. Работа выхода электронов из кальция равна  $A_{\text{вых}} = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности с максимальным радиусом  $R = 4$  мм. Каков модуль индукции магнитного поля  $B$ ?

Возможное решение
Согласно второму закону Ньютона, сила Лоренца, действующая на электрон, связана с его центростремительным ускорением: $evB = \frac{mv^2}{R}.$
Максимальную скорость фотоэлектронов находим из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:
$h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}} \text{ или } \frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}, \text{ где } E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$
В результате преобразований получаем: $B = \frac{m \cdot \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых.}} \right)}}{eR} =$
$= \frac{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot \left( \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}} - 4,42 \cdot 10^{-19} \right)}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^{-3}} \approx 10^{-3} \text{ (Тл).}$
Ответ: $B \approx 10^{-3}$ Тл

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, взаимосвязь частоты и длины волны фотона, формулы для силы Лоренца и для центростремительного ускорения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи и получение ответа.</p>	1

<p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0