

ЕГЭ 2021

Оценивание №27 (качественная задача)

- Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания. Как правило, все задания содержат:
- А) требование к формулировке ответа — *«Как изменится ... (показание прибора, физическая величина)», «Опишите движение ...»* или *«Постройте график ...»* и т.п.
- Б) требование привести развёрнутый ответ с обоснованием — *«объясните ..., указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано»* или *«...поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения»*.
- Как правило, в авторском решении правильный ответ и объяснение выделяются отдельными пунктами.
- В критериях оценивания приводится перечень явлений и законов, на основании которых строится объяснение.

Оценивание №27 (качественная задача)

Обобщенная схема оценивания строится на основании трех элементов решения:

- ***формулировка ответа;***
- ***объяснение;***
- ***прямые указания на физические явления и законы.***

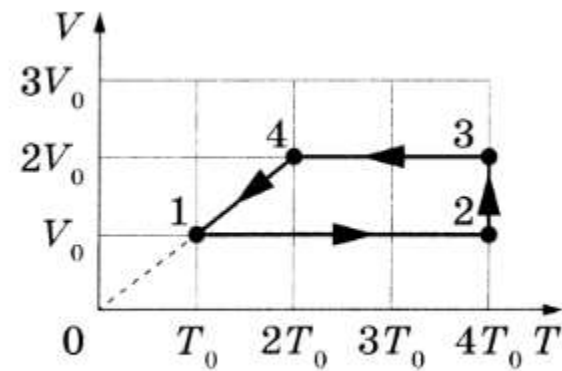
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: _____) и исчерпывающие верные рассуждения с <u>прямым указанием наблюдаемых явлений и законов</u> (в данном случае: _____)</p>	3
<p>Дан <u>правильный ответ</u>, и <u>приведено объяснение</u>, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении <u>не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.</u> (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 и законы, закономерности, но в них содержится <u>один логический недочёт.</u></p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении <u>имеются лишние записи</u>, 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 <u>имеется неточность</u> в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	<p>2</p> <p style="text-align: center;">2.1</p> <p style="text-align: center;">2.2</p> <p style="text-align: center;">2.3</p> <p style="text-align: center;">2.4</p>

<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p>	1
<p><u>Дан правильный ответ</u> на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p>	1.1
<p>ИЛИ</p>	
<p>Указаны <u>все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности</u>, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, <u>не доведены до конца</u>.</p>	1.2
<p>ИЛИ</p>	
<p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу, содержат ошибки</u>.</p>	1.3
<p>ИЛИ</p>	
<p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются <u>верные рассуждения, направленные на решение задачи</u></p>	1.4
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

Изменения в схеме оценивания №27

- **Задания с дополнительными условиями.** Например, дополнительно к объяснению предлагается изобразить схему электрической цепи или рисунок с ходом лучей в оптической системе. В этом случае **в описание полного правильного решения вводится еще один пункт (*верный рисунок или схема*)**.
- Отсутствие рисунка (или схемы) или наличие ошибки в них приводит к снижению на 1 балл.
- Наличие правильного рисунка (схемы) при отсутствии других элементов ответа - 1 балл.

Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах $V-T$, где V — объём газа, T — абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните работу газа в процессе 2–3 и модуль работы внешних сил в процессе 4–1. Постройте график цикла в координатах $p-V$, где p — давление газа, V — объём газа.



Для построения графика необходимо найти давление в каждом из состояний и выразить его через начальное давление, поэтому, верными будут как записи закона Менделеева-Клапейрона в каждом случае, так и уравнения изопроцессов:

Менделеев-Клапейрон

$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$p_2 V_0 = \nu R 4T_0 \rightarrow p_2 = 4p_0$$

$$p_3 2V_0 = \nu R 4T_0 \rightarrow p_3 = 2p_0$$

$$p_4 2V_0 = \nu R 2T_0 \rightarrow p_4 = p_0$$

Газовые законы

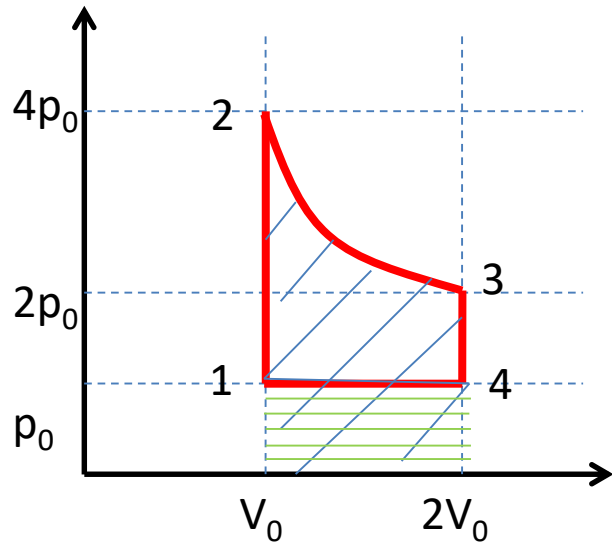
$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_2}{4T_0} \rightarrow p_2 = 4p_0$$

$$p_2 V_0 = p_3 2V_0 \rightarrow p_3 = 2p_0$$

$$\frac{p_3}{4T_0} = \frac{p_4}{2T_0} \rightarrow p_4 = p_0$$

Ошибка в записи любого из уравнений приводит к потере 2 баллов, даже арифметическая ошибка приведет к неправильному ответу на вопрос

По графику найдем работу, как площадь на участках 2-3 и 4-1



Так как в задаче не представляется возможным найти численное отношение совершенных работ, будет правильным ответ **Работа газа в процессе 2-3 больше, чем работа внешних сил в процессе 4-1**

Задача №27

В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным металлическим поршнем находится идеальный газ. В первоначальном состоянии 1 поршень опирается на жёсткие выступы на внутренней стороне стенок цилиндра (рис. 1), а газ занимает объём V_0 и находится под давлением p_0 , равным внешнему атмосферному. Его температура в этом состоянии равна T_0 . Газ медленно нагревают, и он переходит из состояния 1 в состояние 2, в котором давление газа равно $2p_0$, а его объём равен $2V_0$ (рис. 2). Количество вещества газа при этом не меняется. Постройте график зависимости объёма газа от его температуры при переходе из состояния 1 в состояние 2. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

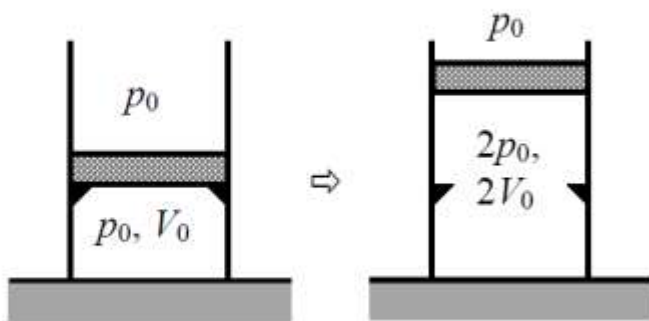
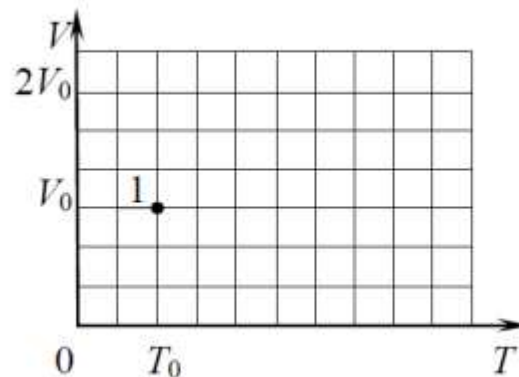


Рис. 1

Рис. 2



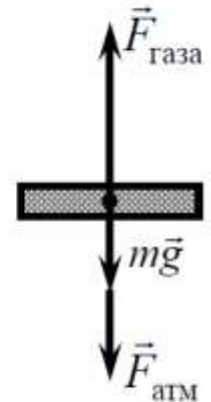
Возможное решение

1. Определим температуру T_2 конечного состояния газа. Запишем уравнение Клапейрона – Менделеева для газа в состояниях 1 и 2:

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2p_0 \cdot 2V_0 = \nu R T_2, \end{cases}$$

откуда $T_2 = 4T_0$.

2. Покажем силы, приложенные к поршню, когда он уже не опирается на выступы на стенках цилиндра. Сила тяжести $m\vec{g}$ и сила давления на поршень со стороны атмосферы $\vec{F}_{\text{атм}}$ постоянны. Поскольку поршень перемещается медленно, сумму приложенных к нему сил считаем равной нулю. Отсюда следует, что сила давления на поршень со стороны газа $\vec{F}_{\text{газа}}$ тоже постоянна. Значит, её модуль $F_{\text{газа}} = pS = \text{const}$ (S – площадь горизонтального сечения поршня) при любом положении поршня выше первоначального. Таким образом, $p = 2p_0 = \text{const}$ при $V_0 < V \leq 2V_0$, процесс нагревания газа изобарный ($\frac{V}{T} = \text{const}$). Определим температуру



начала этого процесса T_H :

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2p_0 \cdot V_0 = \nu R T_H, \end{cases}$$

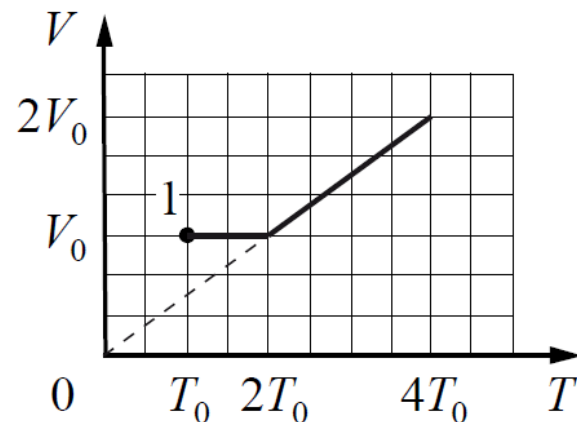
откуда $T_H = 2T_0$.

3. На отрезке температур $T_0 \leq T \leq 2T_0$ процесс нагревания газа изохорный ($V = V_0$), давление газа с ростом его температуры при нагревании увеличивается от p_0 до $2p_0$.

4. Ответ: а) при $T_0 \leq T \leq 2T_0$ $V = V_0 = \text{const}$;

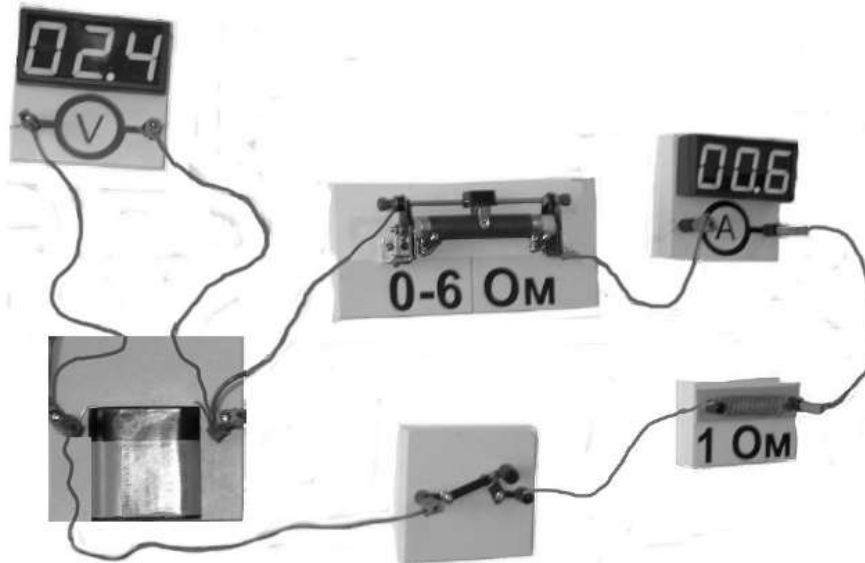
б) при $2T_0 \leq T \leq 4T_0$ объём газа меняется от V_0 до $2V_0$ по закону $\frac{V}{T} = \text{const}$.

График, изображающий зависимости из п. а) и б), представляет собой ломаную линию



Задача №28

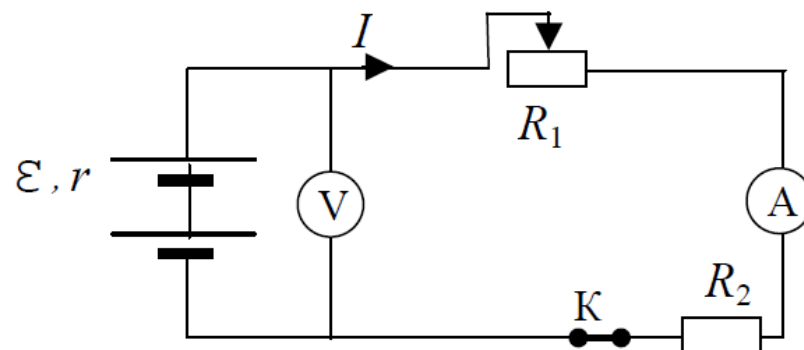
На фотографии изображена электрическая цепь, состоящая из резистора, реостата, ключа, цифровых вольтметра, подключенного к батарее, и амперметра.



Составьте принципиальную электрическую схему этой цепи, и, используя законы постоянного тока, объясните, как изменятся (увеличится или уменьшится) сила тока в цепи и напряжение на батарее при перемещении движка реостата в крайнее правое положение.

Образец возможного решения (рисунок обязателен)

1. Показания амперметра увеличатся, а вольтметра — уменьшатся.
2. Эквивалентная электрическая схема цепи, учитывающая внутреннее сопротивление батареи, изображена на рисунке, где I — сила тока в цепи.



Ток через вольтметр практически не течет, а сопротивление амперметра пренебрежимо мало.

3. Сила тока в цепи определяется законом Ома для замкнутой (полной) цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r}. \text{ В соответствии с законом Ома для участка цепи напряжение, измеряемое вольтметром: } U = I(R_1 + R_2) = \varepsilon - Ir.$$

При перемещении движка реостата вправо его сопротивление уменьшается, что приводит к уменьшению полного сопротивления цепи. Сила тока в цепи при этом растет, а напряжение на батарее уменьшается.

Примечание экспертам: В связи с использованием в образовательных организациях лабораторного оборудования различных производителей, неверная интерпретация подключения реостата в этом задании не считается существенной ошибкой.

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – изменения показания приборов, п. 1), схему электрической цепи – п. 2) и полное верное объяснение (в данном случае – п. 3) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – закон Ома для участка цепи и для замкнутой цепи).

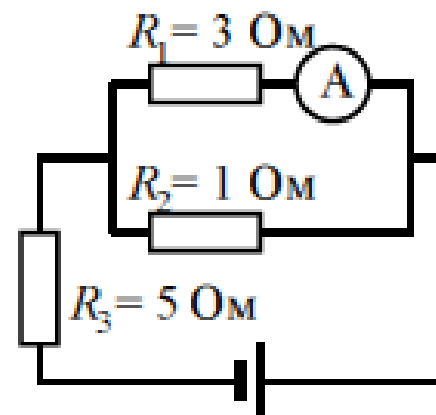
3

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>n. 4</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <u><i>условие равновесия поршня, изохорное и изобарное нагревание</i></u>)</p>	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.) И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. 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.). 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

Задача №28

ФИПИ

В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 1 А. Найдите напряжение на резисторе R_3 .



Возможное решение

Так как резисторы R_1 и R_2 соединены параллельно, то напряжение на них одинаково и справедливо соотношение $I_1 R_1 = I_2 R_2$.

$$\text{Отсюда } I_2 = \frac{I_1 R_1}{R_2} = \frac{1 \cdot 3}{1} = 3 \text{ А.}$$

Найдем силу тока через резистор R_3 :

$$I_3 = I_1 + I_2 = 1 + 3 = 4 \text{ А.}$$

По закону Ома для участка цепи напряжение на резисторе R_3 :

$$U_3 = I_3 R_3.$$

Следовательно: $U_3 = 4 \cdot 5 = 20 \text{ В.}$

Ответ: $U_3 = 20 \text{ В.}$

Критерии оценивания выполнения задания**Баллы**

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *закон Ома для участка цепи, закономерности параллельного соединения проводников*);

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;

III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

2

<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но отсутствуют указания, соответствующие пункту II.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	2

Задача №28

На рисунке 1 дан график (отрезки 1–2 и 3–4) зависимости проекции ускорения точечного тела, движущегося прямолинейно вдоль оси Ox , от времени. В начальный момент проекция скорости тела на ось Ox была равна 1 м/с , а его положение отмечено точкой A на рисунке 2. Постройте график зависимости координаты x этого тела от времени. Решение поясните, используя законы механики.

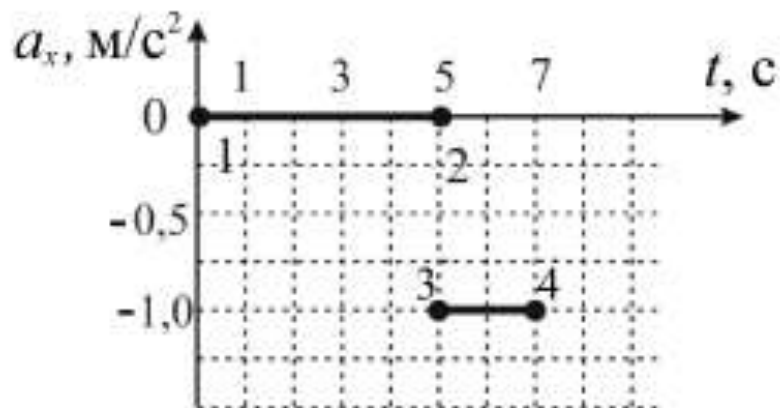


Рис.1

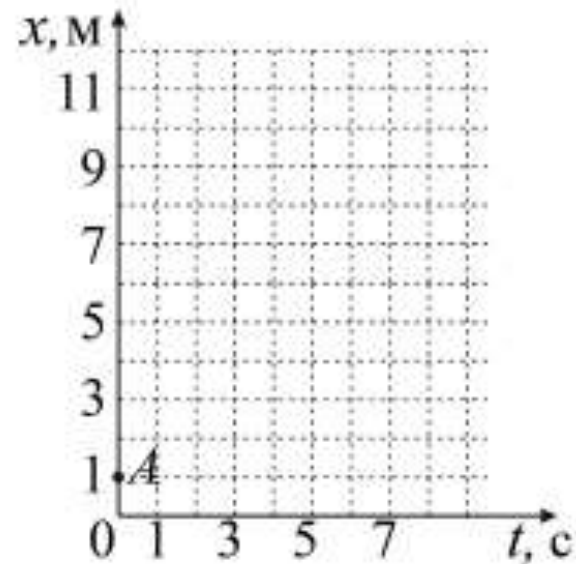


Рис.2

Возможное решение

1. От 0 до 5 с движение тела равномерное со скоростью 1 м/с. Зависимость координаты тела от времени на этом участке линейная:

$$x = 1 + t.$$

К моменту времени 5 с координата тела равна $x = 6$ м.

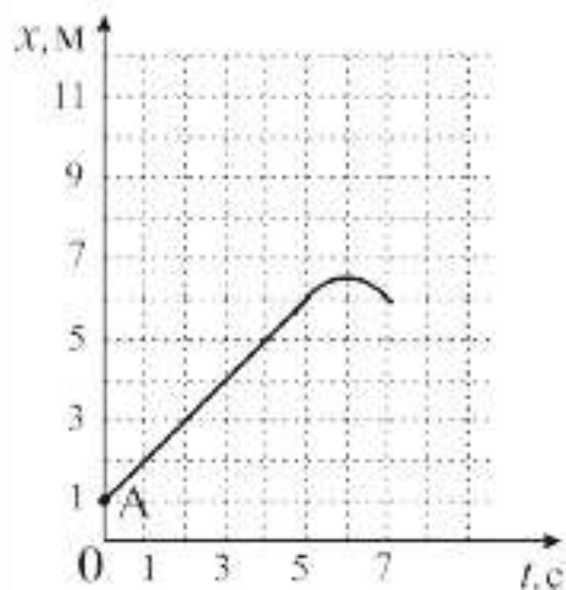
2. От 5 до 7 с движение происходит с постоянным ускорением, проекция которого на ось Ox $a_x = -1$ м/с². Начальная скорость тела равна 1 м/с. Зависимость координаты тела от времени имеет вид параболы:

$$x = 6 + (t - 5) - 0,5(t - 5)^2.$$

К моменту времени 7 с координата тела равна $x = 6$ м.

Максимальное значение координаты равно $x_{\max} = 6,5$ м. Оно достигается в момент времени 6 с.

3. График имеет вид:





ФИПИ

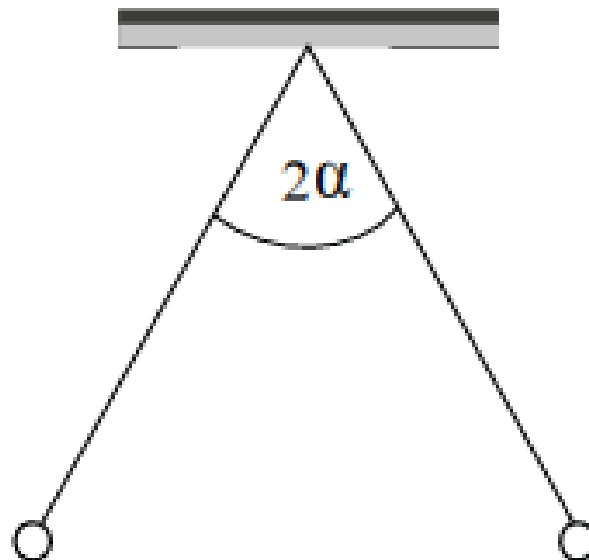
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (данном случае – $n \cdot 3$), и пояснение с указанием использованных явлений, законов или закономерностей (в данном случае – <i>законы прямолинейного равномерного и равноускоренного движения</i>)</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено пояснение с указанием всех необходимых для пояснения явлений, законов или закономерностей, <u>но в рассуждениях допущена ошибка.</u></p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено пояснение, но в нём <u>не указано одно явление или физический закон, необходимый для полного верного пояснения.</u></p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Приведено пояснение с указанием всех необходимых для пояснения явлений, законов или закономерностей, но в пояснении <u>допущена одна ошибка, что привело к неверному ответу.</u></p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p><u>Представлен неверный ответ на вопрос задания, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи, с указанием не менее двух из необходимых для пояснения явлений, законов или закономерностей</u></p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 и 2 балла</p>	0

Задача 28



ФИПИ

Два одинаковых маленьких медных шарика, находящихся в воздухе, подвешены на невесомых и нерастяжимых нитях одинаковой длины. Шарики зарядили равными зарядами одного знака, при этом нити отклонились на угол 2α . Как и почему изменится этот угол, если шарики опустить в диэлектрическую жидкость с плотностью 900 кг/м^3 . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шарики, для двух случаев. Ответ поясните, указав, какие закономерности вы использовали для объяснения.



Возможное решение

На каждый шарик в воздухе действуют сила тяжести $m\vec{g}$, сила натяжения нити \vec{T} и сила Кулона \vec{F}_k . Поскольку шарики имеют одинаковый заряд, они отталкиваются. После того как шарики опустили в жидкость, на каждый из шариков будет дополнительно действовать ещё выталкивающая сила (сила Архимеда) $F_{\text{Арх}}$. Поскольку плотность жидкости меньше плотности меди, выталкивающая сила в данном случае заметно меньше силы тяжести. Поэтому изменение силы натяжения нити существенно не повлияет на изменение угла. Так как жидкость, в которую помещены шарики, является диэлектрической, кулоновская сила отталкивания шариков уменьшится по сравнению с начальной в $\epsilon > 1$ раз, где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость жидкости. Это приведёт к тому, что расстояние между шариками уменьшится, а значит, угол отклонения нитей также уменьшится.

Ответ: Угол отклонения нитей уменьшится.



ФИПИ

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (данном случае – <i>изменение угла отклонения нитей</i>), и пояснение с указанием использованных явлений, законов или закономерностей (в данном случае – <i>указано направление сил, действующих на шарики, для двух случаев, зависимость силы Кулона от диэлектрической проницаемости среды, принцип суперпозиции сил</i>)</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено пояснение с указанием всех необходимых для пояснения явлений, законов или закономерностей, но в рассуждениях допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено пояснение, но в нём не указано одно явление или физический закон, необходимый для полного верного пояснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Приведено пояснение с указанием всех необходимых для пояснения явлений, законов или закономерностей, но в пояснении допущена одна ошибка, что привело к неверному ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлен неверный ответ на вопрос задания, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи, с указанием не менее двух из необходимых для пояснения явлений, законов или закономерностей</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным	0

Задачи 29-32

29 – механика

30 – молекулярная физика и
термодинамика

31 – электродинамика

32 – оптика, квантовая физика

Кодификатор

2.1.7	Абсолютная температура: $T = t^{\circ} + 273\text{K}$
2.1.8	Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц: $\overline{\varepsilon_{\text{пост}}} = \left(\frac{m_0 v^2}{2} \right) = \frac{3}{2} kT$
2.1.9	Уравнение $p = nkT$
2.1.10	Модель идеального газа в термодинамике: { Уравнение Менделеева-Клапейрона { Выражение для внутренней энергии Уравнение Менделеева-Клапейрона (применимые формы записи): $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}.$ Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи): $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \frac{3}{2} pV = \nu c_v T = C_{VN} T$
2.1.11	Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов: $p = p_1 + p_2 + \dots$

При работе с формулами, помещенными в кодификатор следует иметь в виду, что учащиеся не обязаны писать эти формулы в точном соответствии с записью в кодификаторе. Например, возможна запись формулы для частного случая применения физического закона или определения физической величины.

Обобщенная схема оценивания заданий 29-32

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:);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные <u>обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений¹ величин, используемых при написании физических законов)</u>;</p> <p>III) проведены <u>необходимые математические преобразования</u> и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен <u>правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</u></p>	3

¹ Здесь и далее стандартными считаются обозначения, принятые в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике

Обобщенная схема оценивания заданий 29-32

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:

2

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

2.1

И (ИЛИ)

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.).

2.2

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

2.3

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)

2.4

Обобщенная схема оценивания заданий 29-32

Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.	1
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.	1.1
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.	1.2
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	1.3
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0



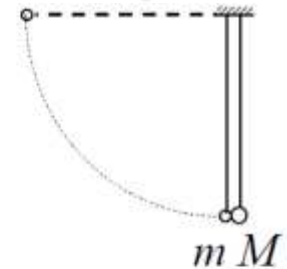
Возможные изменения в схеме оценивания заданий 29-32

- а) Требуется дополнительно сделать **рисунок с указанием сил**, действующих на тело. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа, а также дополнительные условия к выставлению **2 баллов**.
- б) Требуется изобразить **схему электрической цепи или оптическую схему**. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа, а также дополнительные условия к выставлению **2 и 1 баллов**.
- в) В задании **не требуется получения числового ответа**. В этом случае в описании полного верного решения снимается требование к указанию числового ответа, и вносятся изменения в критерии оценивания **на 2 балла**.
- г) Условие задачи предполагает **определение данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки**. В этом случае в описание полного верного решения вносится дополнительное требование к правильности определения исходных данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки, а также указывается дополнительное требование к выставлению **2 баллов**.

Задача №29

Пример - 1

Два шарика висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях (см. рисунок). Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Каким должно быть отношение масс шариков $\frac{M}{m}$, чтобы в результате их абсолютно неупругого удара половина кинетической энергии левого шарика, которой шарик обладал непосредственно перед ударом, перешла в тепло?



Возможное решение

Закон сохранения импульса при ударе:

$$mv = (m + M)V, \quad (1)$$

где v – скорость левого шарика перед ударом, V – скорость шаров после неупругого удара.

Количество теплоты, выделившееся при ударе:

$$Q = \frac{mv^2}{2} - \frac{(m + M)V^2}{2}. \quad (2)$$

По условию задачи

$$Q = \frac{mv^2}{4}. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1)–(3), получаем: $v = 2V$; $m = M$.

Следовательно, $\frac{M}{m} = 1$.

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: <u>закон сохранения импульса и закон изменения механической энергии</u>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, 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</p>	3

Задача №30

ФИПИ

Аргон в количестве $\nu = 2$ моль изобарно сжимают, совершая работу A_1 . При этом температура аргона уменьшается в 3 раза: $T_2 = \frac{T_1}{3}$. Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения $T_3 = \frac{T_1}{6}$. Найдите работу газа A_1 , если работа газа при адиабатном расширении $A_2 = 1500$ Дж. Количество вещества в процессах остаётся неизменным.

Возможное решение

1. При изобарном сжатии над гелием совершается работа, модуль которой:

$$A_1 = |p\Delta V|,$$

где p – давление гелия в этом процессе, ΔV – изменение его объёма.

2. В соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева для этого процесса можно записать:

$$|p\Delta V| = \nu R(T_1 - T_2).$$

3. В адиабатном процессе (процессе без теплообмена) в соответствии с первым законом термодинамики сумма изменения внутренней энергии газа и его работы равна нулю:

$$\frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2).$$

При записи последнего соотношения учтено выражение для изменения внутренней энергии идеального одноатомного газа:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2).$$

Преобразуя записанные уравнения с учётом соотношений температур, заданных в условии задачи, получаем:

$$A_1 = 2\nu RT_2; \quad A_2 = \frac{3}{4} \nu RT_2.$$

Следовательно,

$$A_1 = \frac{8}{3} A_2 = \frac{8}{3} \cdot 1500 = 4000 \text{ Дж.}$$

Ответ: $A_1 = 4000 \text{ Дж}$

Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. В первом сосуде находится $\nu_1 = 2$ моль гелия при температуре $T_1 = 400$ К; во втором – $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре $T_2 = 300$ К. Кран открывают. В установившемся равновесном состоянии давление в сосудах становится $p = 5,4$ кПа. Определите объём V одного сосуда. Объёмом трубки пренебречь.

Возможное решение

1. Поскольку в указанном процессе газ не совершает работы и система является теплоизолированной, то в соответствии с первым законом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3}{2} \nu_1 RT_1 + \frac{3}{2} \nu_2 RT_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) RT,$$

где T – температура в объединённом сосуде в равновесном состоянии после открытия крана.

2. В соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева для конечного состояния можно записать:

$$p(2V) = (\nu_1 + \nu_2) RT.$$

Исключая из двух записанных уравнений конечную температуру T , получаем искомое выражение для объёма:

$$V = \frac{(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) R}{2p} = \frac{(2 \cdot 400 + 3 \cdot 300) \cdot 8,31}{2 \cdot 5400} \approx 1,3 \text{ м}^3.$$

Ответ: $V \approx 1,3 \text{ м}^3$



ФИПИ

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>первый закон термодинамики, уравнение Менделеева – Клапейрона, выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, 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 искомой величины</p>	3



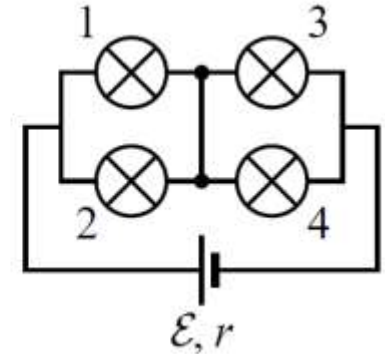
ФИПИ

<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 объеме 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</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</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

Задача №31

Пример - 4

Какая тепловая мощность выделяется на лампе 4 в цепи, собранной по схеме, изображённой на рисунке? Сопротивление ламп 1 и 2 $R_1 = 20$ Ом, ламп 3 и 4 $R_2 = 10$ Ом. Внутреннее сопротивление источника $r = 5$ Ом, его ЭДС $E = 100$ В.



Возможное решение

1. Сопротивление внешней цепи

$$R_0 = \frac{R_1}{2} + \frac{R_2}{2} = \frac{R_1 + R_2}{2}.$$

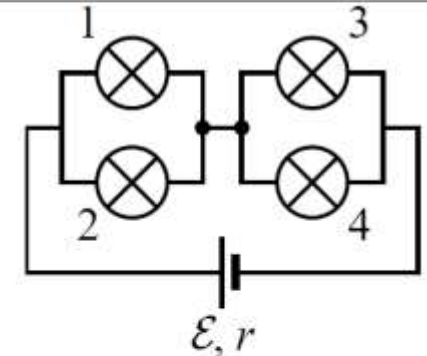
2. По закону Ома для полной цепи ток, текущий через источник в цепи,

$$I = \frac{E}{R_0 + r} = \frac{2E}{R_1 + R_2 + 2r}.$$

3. Сила тока, текущего через лампу 4, равна половине силы тока, текущего через источник. По закону Джоуля – Ленца мощность, выделяющаяся на лампе 4,

$$P = \left(\frac{I}{2}\right)^2 R_2 = \frac{E^2 R_2}{(R_1 + R_2 + 2r)^2} = \frac{10\,000 \cdot 10}{1600} = 62,5 \text{ Вт}.$$

Ответ: $P = 62,5$ Вт



Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Джоуля – Ленца, закон Ома для полной цепи; правильно рассчитано сопротивление схемы);

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);

III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

Задача №32

Пример - 6

В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, амплитуда силы тока $I_m = 50$ мА. В таблице приведены значения разности потенциалов на обкладках конденсатора, измеренные с точностью до 0,1 В в последовательные моменты времени.

t , мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8
U , В	0,0	2,8	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0

Найдите значение электроёмкости конденсатора.

Возможное решение

1. Судя по приведённым в таблице данным, в контуре наблюдаются гармонические электромагнитные колебания с периодом $T = 8$ мкс и амплитудой разности потенциалов на обкладках конденсатора $U_m = 4$ В.

2. Согласно тем же данным, разность потенциалов на обкладках конденсатора изменяется по закону $U(t) = U_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$.

3. Поскольку заряд $q(t) = CU(t)$ на обкладках конденсатора совершает гармонические колебания, а сила тока связана с зарядом соотношением $I(t) = q'_t$, получаем

$$q'_t = \frac{2\pi}{T}CU_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = I_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right), \text{ что приводит к равенству } CU_m = \frac{T}{2\pi}I_m.$$

4. Отсюда $C = \frac{TI_m}{2\pi U_m} \approx 0,016$ мкФ.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>зависимость силы тока и разности потенциалов на обкладках конденсатора от времени для электромагнитных колебаний в контуре, формула связи заряда конденсатора с его электроёмкостью и напряжением на обкладках</u>);</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 искомой величины</p>	3



Спасибо за внимание