

Особенности оценивания заданий с развернутым ответом ЕГЭ по ФИЗИКЕ

Гиголо Антон Иосифович

член Федеральной комиссии

по разработке контрольно-измерительных материалов

ЕГЭ по физике

Оценивание №28 (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 №28 (качественная задача)

Обобщенная схема оценивания строится на основании трех элементов решения:

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

Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.

Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.

ИЛИ

Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибку (ошибки).

ИЛИ

Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла

1

1.1

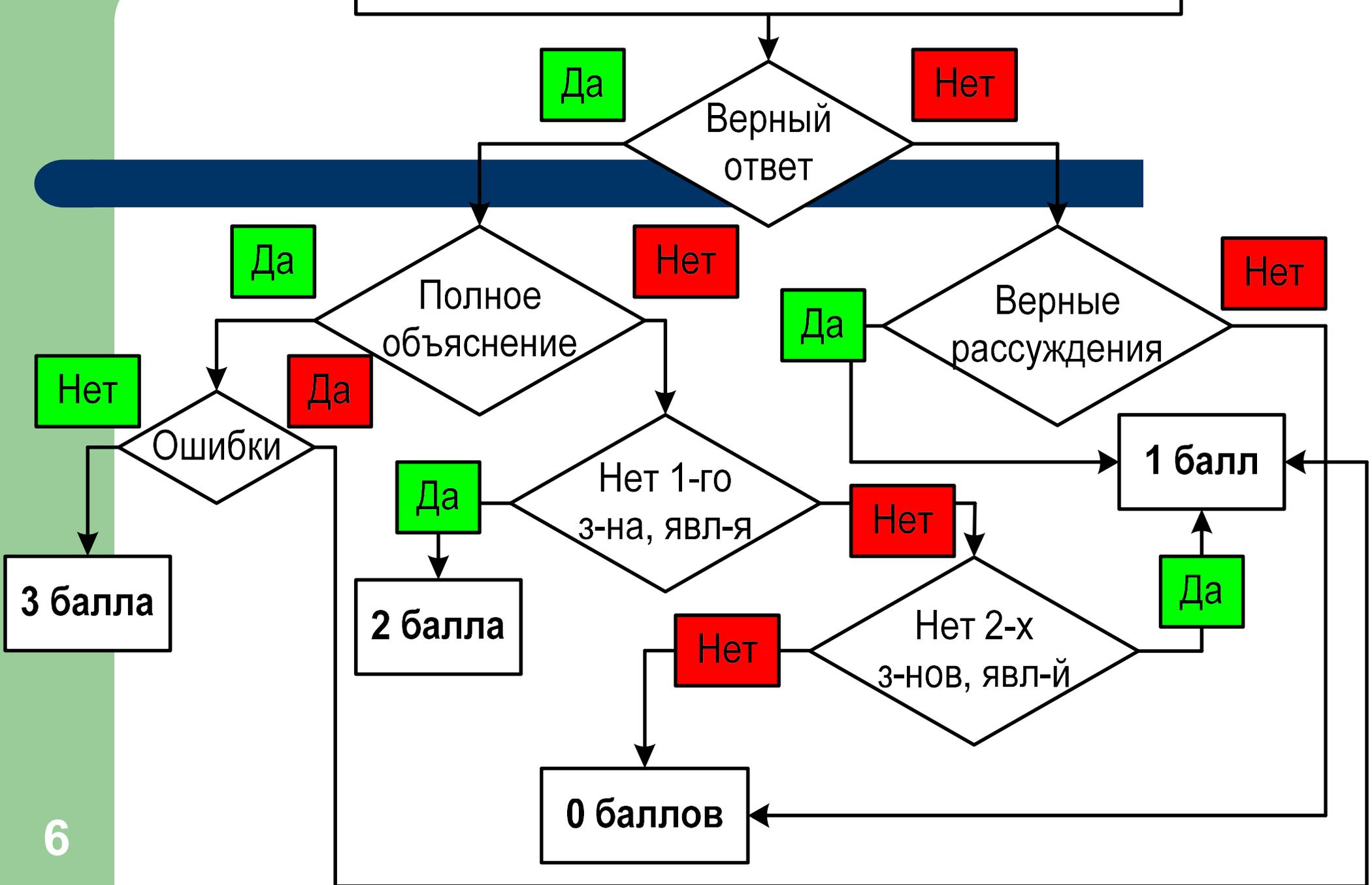
1.2

1.3

1.4

0

Алгоритм принятия решения экспертом при оценивании качественных задач №28



Изменения в схеме оценивания №28

- **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.

Задача №28

Пример - 1

28

Параллельно катушке индуктивности L включена лампочка (см. рис. а). Яркость свечения лампочки прямо пропорциональна напряжению на ней. На рисунке б представлен график зависимости силы тока I в катушке от времени t . Сопротивлением катушки пренебречь. Опираясь на законы физики, изобразите график зависимости яркости свечения лампочки от времени.

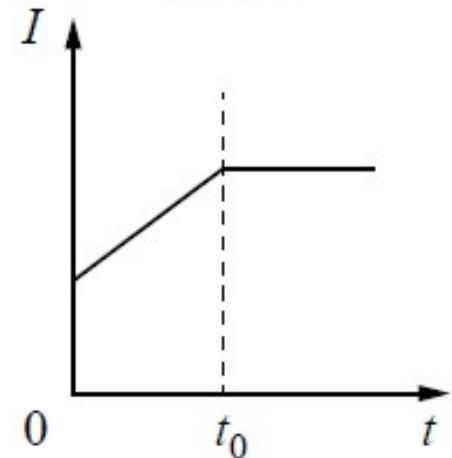
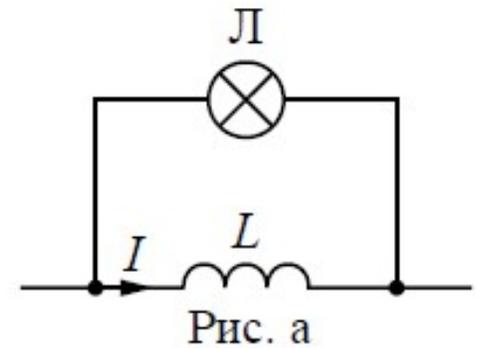
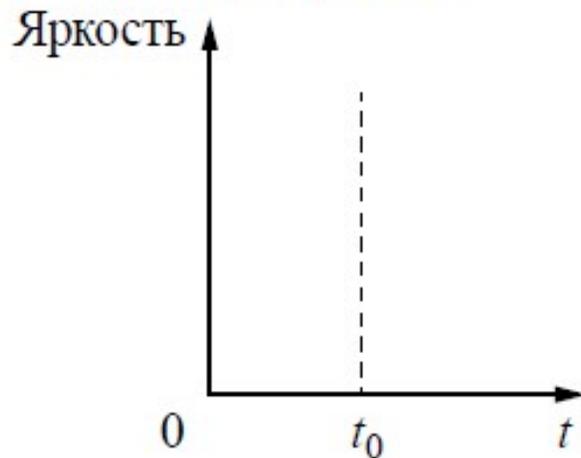


Рис. б

Возможное решение

1. Катушка и лампочка соединены параллельно, поэтому напряжение на лампочке равно напряжению на катушке.

2. При $t < t_0$ сила тока в катушке изменяется по линейному закону. ЭДС

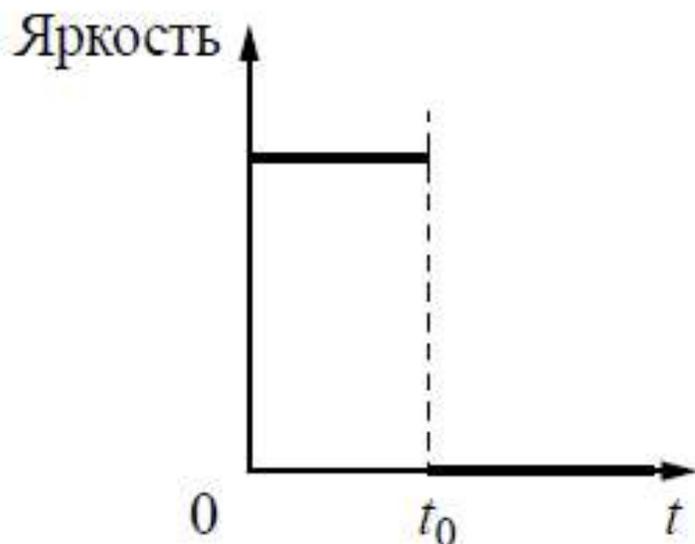
самоиндукции катушки $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = const$. Напряжение на лампочке равно

ЭДС самоиндукции катушки, а значит постоянно, и яркость свечения лампочки на этом интервале времени также постоянна.

3. При $t > t_0$ сила тока в катушке постоянна, $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$ и, следовательно, ЭДС

самоиндукции катушки и напряжение на лампочке равны нулю. На этом интервале времени лампочка не светит.

4. График зависимости яркости свечения лампочки от времени приведён на рисунке.



Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: правильно изображён график зависимости яркости лампочки от времени) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: указано, что при параллельном соединении элементов цепи напряжения на них одинаковы; правильно применяется формула для расчёта ЭДС самоиндукции катушки)

3

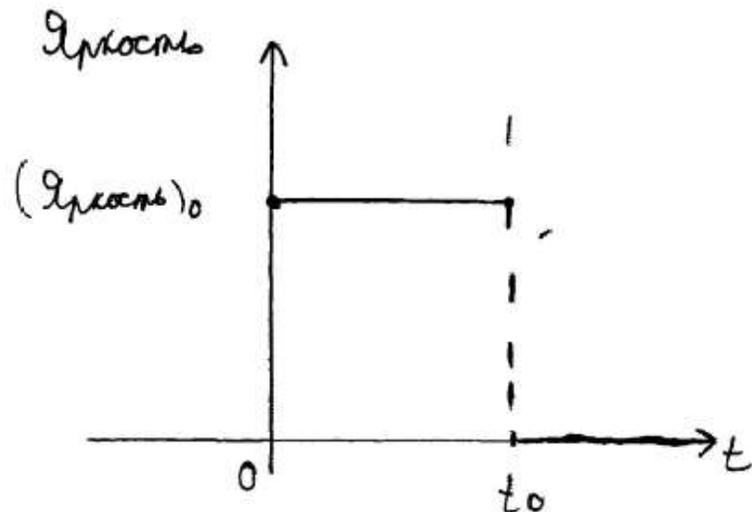
Примеры решения

№ 28:

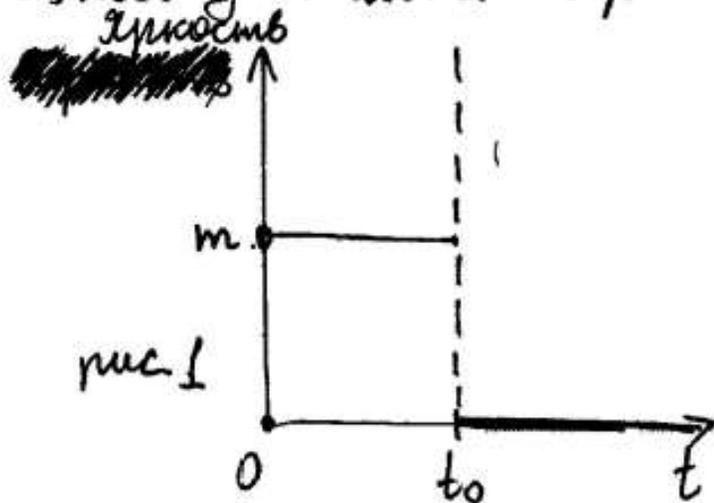
Пусть сопротивление лампы R . Тогда её напряжение $U = IR$ по закону Ома. В катушке возникает ЭДС самоиндукции: $|\mathcal{E}_i| = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow$
 $\Rightarrow |\mathcal{E}_i| = L \frac{dI}{dt}$. Так как катушка и лампа соединены параллельно, то

$U =$ напряж. катушки. Т.к. сопр. катушки $= 0$, то её напряжение равно $|\mathcal{E}_i|$. В момент времени t_0 лампочка гаснет, так как $\mathcal{E}_i = U = 0$ (т.к. далее ток не идет). До времени t_0 : $U = L(I)'$,
где I - линейная функция $\Rightarrow (I)' = \text{const} \Rightarrow U = \text{const} \Rightarrow$
 \Rightarrow яркость постоянна до времени t_0 .

Ответ:



В момент времени $t=0$ ток не течет через лампу, поэтому она не светится. Когда сила тока в катушке начинает увеличиваться, возникает ЭДС самоиндукции, ~~и~~ через лампу проходит индукционный ток - поэтому лампа горит при $0 < t < t_0$.



$$\mathcal{E}_i = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{L \cdot \Delta I}{t_0}, \text{ где } \Delta I - \text{изменение силы тока}$$

яркость лампы пропорц-на I , след, пропорц-на \mathcal{E}_i .

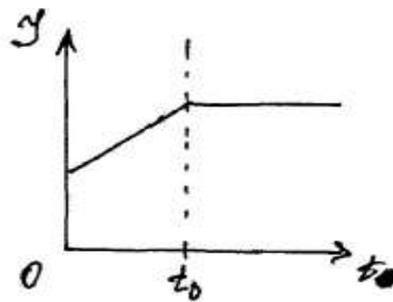
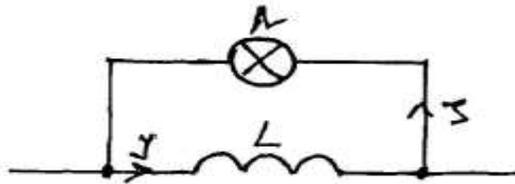
Сила тока измен-ся линейно:
 $\frac{\Delta I}{\Delta t} = k$, где $k = \frac{dI}{dt}$ - ~~не const~~ ^{не const} - ~~не const~~ ^{не const} величина.

~~...~~ поэтому т-ток с $t > t_0$ не возникает и лампа ~~не горит~~ снова не горит.

Ответ: график представлен на рисунке 1.

2.1
+
2.3

№28



Пояснение: 1. В промежуток времени от 0 до t_0 сила тока в катушке увеличилась, а т.к. это катушка индуктивности, то в ней происходит процесс самоиндукции, и по правилу Ленца возникает индуцированный ток такого направления, что он препятствует возрастанию внешнего магнитного поля (свечи машин. колес).

ЭДС самоиндукции: $\mathcal{E} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ $\mathcal{E} = U_L$

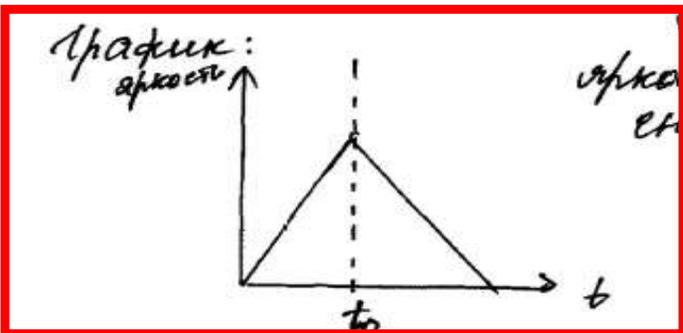
2. По закону Ома: $I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = I \cdot R$, следовательно для лампочки:

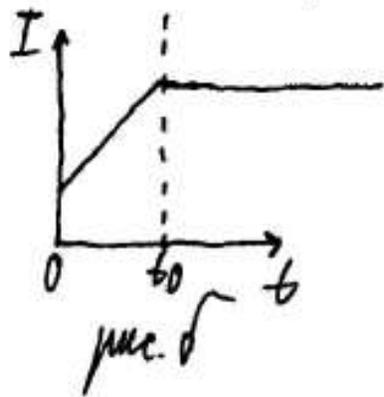
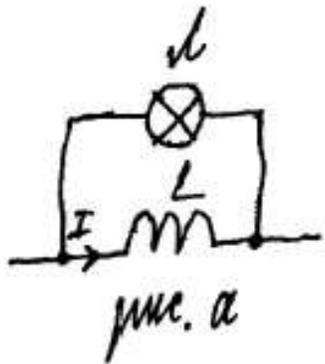
$U_L = I \cdot R_L$ (т.е. напряжение пропорционально силе тока в цепи)

3. т.к. от 0 до t_0 сила тока увеличивалась, то и напряжение тоже увеличивалось, а значит совместно условию задачи яркость лампочки увеличивалась.

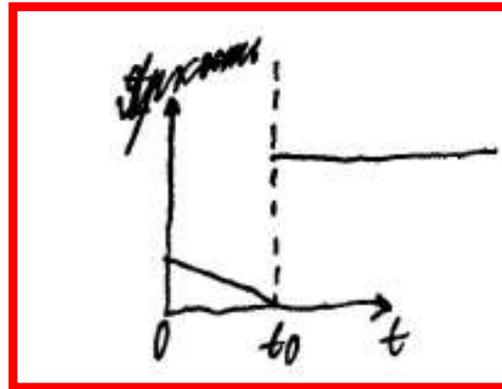
4. В момент времени t_0 и дальше, сила тока в цепи остается постоянной т.е. ЭДС самоиндукции равна нулю.

$U_L = 0$
~~яркость лампочки~~
~~считается до нуля.~~
 яркость лампочки считается до нуля.





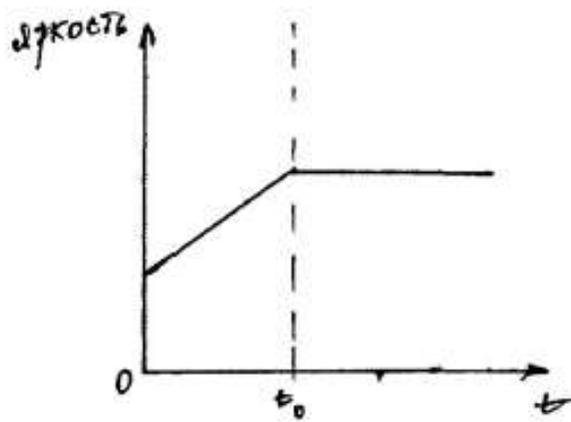
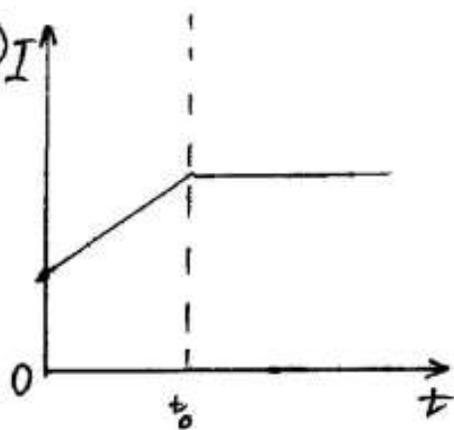
№ 28.



$\mathcal{E}_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$
 Исходя из рис. б мы видим, что в промежутке времени от 0 до t_0 уменьшается I . Исходя из формулы, приведенной выше, мы можем сказать, что в катушке возникает ток, который "мешает". Следовательно, в цепи сила тока (I) уменьшается, ~~и она уменьшается~~ поэтому уменьшается и напряжение (U), т.к. $U = IR$. В промежутке времени от t_0 до $+\infty$ $\Delta I = 0$, следовательно $\mathcal{E}_{is} = 0$, поэтому "помехи" ток вызывает, поэтому U возрастает и не меняется не будет.

28

1



② При изменении силы тока, в цепи возникает ЭДС самоиндукции, которое препятствует мгновенному нарастанию тока.

Чем больше заряд будет в цепи, тем ярче загорится лампочка, $I = \frac{q}{t}$, где q - заряд.

По условию, яркость прямо пропорциональна напряжению. По закону Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$, где U - напряжение; R - сопротивление

③ $I = \frac{U}{R} = \frac{q}{t} \Rightarrow$ яркость прямо пропорциональна заряду в цепи \Rightarrow яркость прямо пропорциональна I

№ 28. I- сила тока в цепи

$$I = I_k + I_n$$

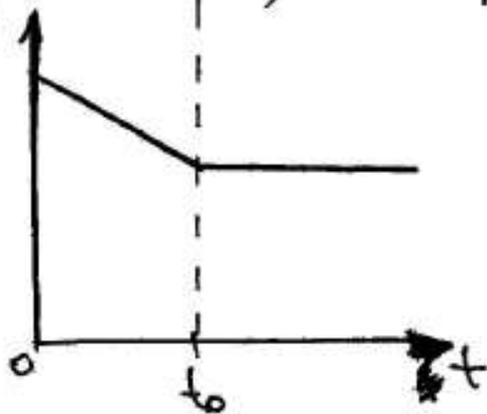
I_k в начале возрастает, тогда I_n убывает

$$U = IR$$

$U_n = I_n R_n$, напряжение на лампочке тоже убывает,

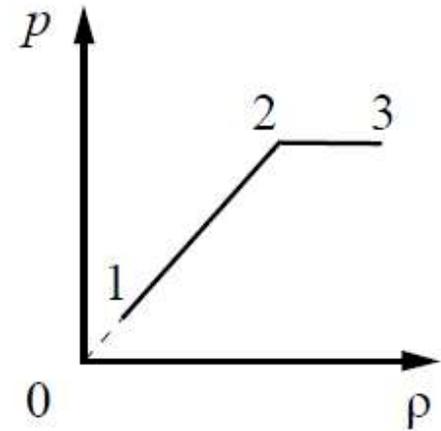
а по условию яркость свечения лампочки прямо пропорциональна

напряжению на ней, тогда
яркость



Задача №28 Пример - 2

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



Возможное решение

1. Плотность газа $\rho = \frac{m}{V}$, где m – масса газа, V – его объём. В соответствии с уравнением Менделеева – Клапейрона $p = \frac{m}{\mu V} RT = \frac{\rho}{\mu} RT$. На участке 1–2 давление изменяется пропорционально плотности газа: $p \sim \rho$. Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется. Поскольку плотность газа на этом участке возрастает, объём газа уменьшается.
2. В процессе 2–3 плотность газа возрастает, что означает уменьшение его объёма. Давление газа при этом не изменяется, следовательно, согласно уравнению Менделеева – Клапейрона температура газа уменьшается.

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: изменение температуры и плотности газа в процессах 1–2 и 2–3) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: уравнение Менделеева – Клапейрона, формула плотности вещества)

3

Примеры решения

~ 27 по условию масса газа m не изменяется.

1) воспользуемся формулой $p = \frac{pRT}{\mu} \Rightarrow \frac{p}{p} = \frac{RT}{\mu}$

Как видно из графика, $\frac{p}{p} = \text{const}$. $R - \text{const}$
в ходе процесса 1-2. $\mu - \text{const} \Rightarrow \Delta T_{1-2} = 0$.

$\Delta T_{1-2} = 0 \Rightarrow$ процесс 1-2 - изотермический. $pV = \text{const}$

давление в ходе процесса увеличивается $\uparrow p V \downarrow = \text{const} \Rightarrow$ объем V уменьшается.

2) Как видно из графика, в ходе процесса 2-3 давление p не меняется.

процесс 2-3 - изобарический $\frac{p}{T} = \text{const}$.

$\uparrow p = \frac{p\mu}{RT} \downarrow$ плотность газа в процессе 2-3 увеличивается \Rightarrow температура газа T уменьшается.

$\frac{\downarrow V}{\downarrow T} = \text{const}$ процесс изобарический $\Rightarrow V$ уменьшается.

Ответ: 1-2: температура не изменяется, объем уменьшается.

2-3: температура уменьшается, объем уменьшается.

Воспользуемся уравнением Клапейрона - Менделеева $PV = \frac{m}{M}RT$ и формулой плотности $\rho = \frac{m}{V}$

процесс 1-2: возрастает давление и плотность

из формулы $\rho = \frac{m}{V}$ выразим объем $V = \frac{m}{\rho}$, т.к. $m = \text{const}$ (по условию), а плотность увеличивается, то объем будет уменьшаться

Теперь температура

выразим температуру из $PV = \frac{m}{M}RT$, $T = \frac{PVM}{mR}$

температура газа не изменится, т.к. $m = \text{const}$, и во столько раз увеличивается давление, во столько раз уменьшится и объем (т.к. давление и плотность на участке 1-2 увелич. равномерно, а объем \propto обратнопропорционален плотности).

процесс 2-3:

Давление не изменяется, а плотность увеличивается.

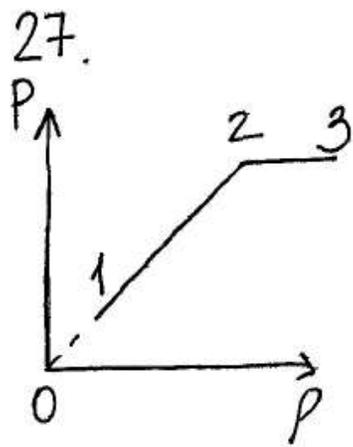
из формулы плотности выразим объем $V = \frac{m}{\rho}$,

$m = \text{const}$ (по условию), а плотность увеличивается, то объем уменьшается

из формулы $PV = \frac{mRT}{M}$ выразим температуру $T = \frac{PVM}{mR}$,

$m = \text{const}$, давление не изменяется, а объем уменьшается, то и температура уменьшается.

Ответ. участок 1-2: объем уменьшается, температура не изменяется
участок 2-3: объем уменьшается, температура уменьшается



- 1) $m = \text{const}$ (по условию); $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho \sim \frac{1}{V}$
- 2) процесс 1-2 ~~$PV = \nu RT$~~ $P \uparrow$ (увеличивается); $\rho \uparrow$ (уб.)
 $\Rightarrow V \downarrow$ (уменьшается) $\Rightarrow T = \text{const}$ ($P_1 V_1 = P_2 V_2$ по уравнению Клапейрона)
- 3) процесс 2-3 $P = \text{const}$; $\rho \uparrow$ (уб.) $\Rightarrow V \downarrow$ (уб.)
 $\Rightarrow T \downarrow$ (уб.) ($\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$) по уравнению Клапейрона

Ответ: 1-2 V -уменьшается; $T = \text{const}$; 2-3 V и T - уменьшаются

2.1
+
2.3

27) Основное уравнение МКТ: $p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$, где p - давление газа, m_0 - масса одной молекулы, n - концентрация молекул, \bar{v} - средняя скорость д.в. молекул, ρ - плотность газа.

Закон теплового движения молекул: $\bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$, \bar{E}_k - ср. кинетич. энергия движения молекул газа, T - абсолютная температура.

Процесс (1-2): зависимость $p(p)$ прямая. Из формулы $p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$ следует, что $\bar{v} = \text{const}$. Значит, T не меняется, т.к. $\frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$, $m_0 = \text{const}$, $k = \text{const}$.
 $\frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 \Rightarrow \rho = m_0 n = m_0 \frac{N}{V}$, где N - количество молекул, V - объем.

Т.к. $N = \text{const}$ и $m_0 = \text{const}$, то $\rho \sim \frac{1}{V} \Rightarrow$ значит V увеличивается, т.к. ρ уменьшается.

Процесс (2-3): Из осн. ур. МКТ: $\rho = \frac{3p}{\bar{v}^2}$, т.к. $p = \text{const}$, а ρ увеличивается, то \bar{v} уменьшается, следовательно, T уменьшается, т.к. $\frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$, $m_0 = \text{const}$, $k = \text{const}$. Из процесса (1-2): $\rho \sim \frac{1}{V} \Rightarrow V$ увеличивается, т.к. ρ увеличивается.

Ответ: в процессе (1-2): температура газа не изменяется; объем увеличивается в процессе (2-3): температура газа уменьшается, объем газа увеличивается.

24) В процессе 1-2 увеличивается $\uparrow p$ и увеличивается $\uparrow p$ (минус работа), если при $m = \text{const}$ процесс $p = \frac{m}{V}$, но V тоже увеличивается, т.е. масса из объема испаряется. Внутренняя энергия $\uparrow U$ и соответственно $\uparrow T$

при увеличении $\uparrow p$ (из процесса) тоже увеличивается работа. Температуру $\uparrow T$ (изменилась температура $Q = \Delta U + A_{\text{ext}}$, где работа A_{ext} меньше работы на работу $\uparrow U$ и $\uparrow T$ соответственно).

В процессе 2-3, процесс изобарный $p = \text{const}$, $\uparrow p$ увеличивается (из процесса), масса при $m = \text{const}$ $p = \frac{m}{V}$; V тоже увеличивается; если $p = \text{const}$, то масса $Q = \Delta U + A_{\text{ext}}$, где A_{ext} равна работе ΔU (внутренняя энергия за счет своей внутренней энергии ΔU (внутренняя $-\Delta U = A_{\text{ext}}$) т.е. ΔU увеличивается и соответственно увеличивается температура.

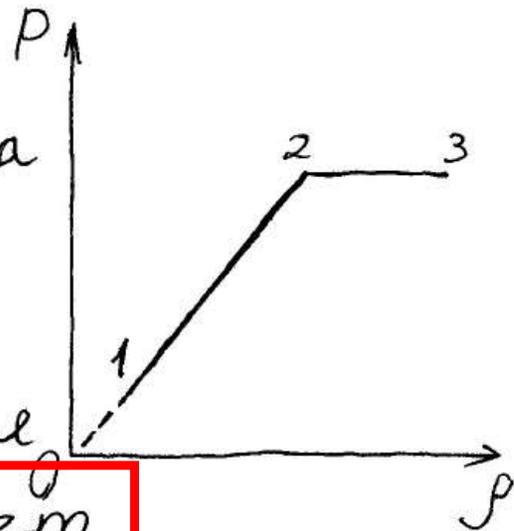
1.3

Итого: процесс 1-2: температура-увеличивается; объем-уменьшается; процесс 2-3: температура-увеличивается, объем-уменьшается.

27. Процесс 1-2 — изохорный,
 $V = \text{const}$ (т.к. прямая 1-2 направлена
в начало координат).

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2 = nkT \Rightarrow$$

с ростом плотности и давления
газа температура тоже растет.



Из графика видно, что процесс 2-3 — изобарный,
 $p = \text{const}$. Следовательно, температура газа с
ростом плотности будет уменьшаться (по
формулам давления). При изобарном процессе
выполняется уравнение Гей-Люссака:

$$\frac{V}{T} = \text{const}. \quad \text{Поэтому объем будет уменьшаться}$$

вместе с температурой газа.

Ответ: в процессе 1-2 $V = \text{const}$, T увеличивается;
в процессе 2-3 V и T уменьшаются
с ростом плотности газа.

№ 27) На ~~рис~~ рисунке представлена зависимость
от давления и температуры (P) и (P), в отрезке
1-2 $T = \text{const}$, температурный коэффициент
значения это изотермический процесс, 2-3 $P =$
 const , давление не меняется изохорный
процесс

0

Оценивание №29-32 (расчетных задач)

Обобщенная схема оценивания строится на основании четырех (пяти) элементах решения:

- *Исходные формулы и законы (кодификатор);*
- *Обозначения физических величин (рисунок);*
- *Рисунок с указанием сил (если требуется);*
- *Математические преобразования и расчеты;*
- *Правильный числовой ответ, размерность.*

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: <u>*****</u>);</p> <p>II) <u>описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин</u> (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) <u>проведены необходимые математические преобразования и расчёты</u>, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) <u>представлен 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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

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)

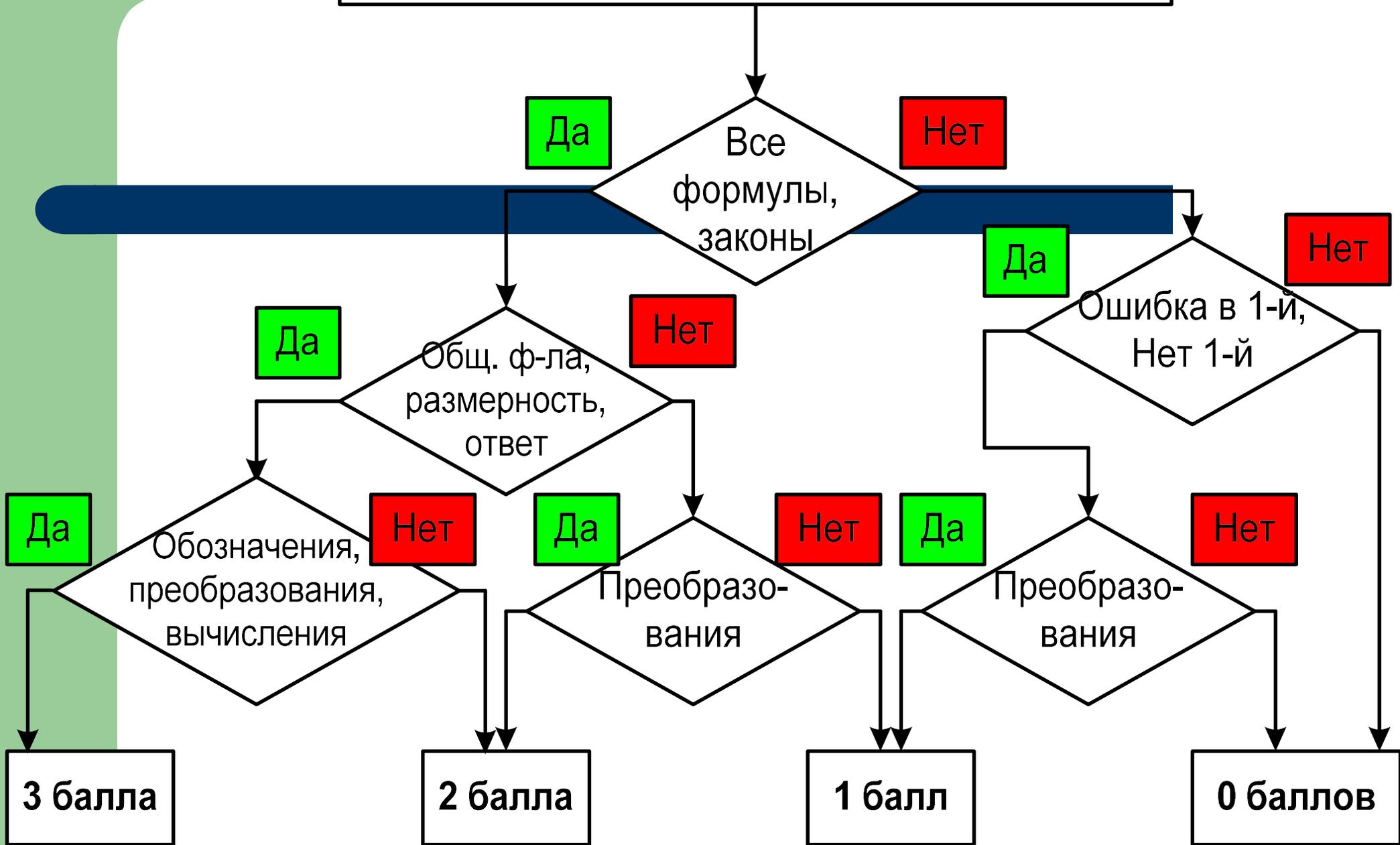
Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

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 <u>необходимо и достаточно</u> для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.	1.1
ИЛИ	
В решении отсутствует <u>ОДНА</u> 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 <u>ОДНОЙ</u> 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

Алгоритм принятия решения экспертом при оценивании расчетных задач №29-32



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 описании 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**.

Комментарии к обобщённой системе оценивания расчетных задач

Решение учащегося может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение). В этом случае эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал учащийся. Если ход решения учащегося допустим, то *эксперт оценивает полностью и правильность этого решения на основании того списка основных законов, формул или утверждений, которые соответствуют выбранному способу решения.*

В качестве исходных формул принимаются только те, которые указаны в кодификаторе. При этом форма записи формулы значения не имеет (например: $Q = cm\Delta T$, $c = \frac{Q}{m\Delta T}$ и т.п.). Если же учащийся использовал в качестве исходной формулы ту, которая не указана в кодификаторе, то работа оценивается исходя из отсутствия одной из необходимых для решения формул. (Например, учащийся может в качестве исходной использовать формулу для изменения внутренней энергии одноатомного идеального газа $U = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{3}{2}pV$, поскольку она есть в кодификаторе. Однако, формулу для количества теплоты , полученного газом в изобарном процессе $Q = \frac{5}{2}p\Delta V$, в качестве исходной использовать нельзя (отсутствует в кодификаторе). В этом случае даже такая работа оценивается по критерию отсутствия одной из основополагающих формул и оценивается в 1 балл, даже при наличии верного числового ответа.

Кодификатор

2.1.7	Абсолютная температура: $T = t^{\circ} + 273 \text{ К}$
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): $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_v T = \frac{3}{2} pV$
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.

Встречаются случаи, когда ученик представляет решение задачи, в котором «подменяется» условие задачи и определяет другую физическую величину. Здесь можно рассматривать три варианта:

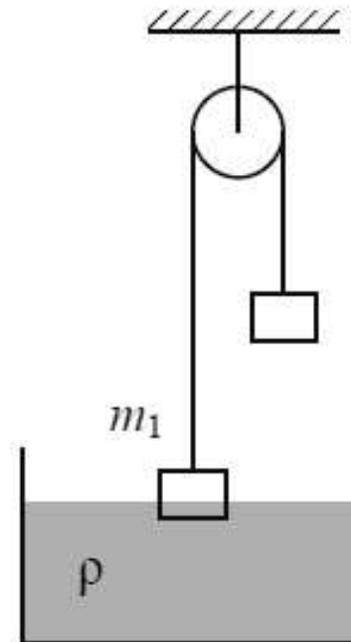
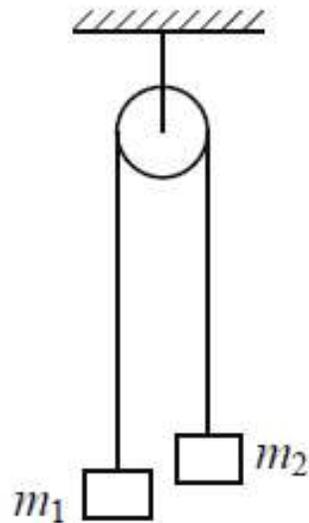
- * Если в задании требовалось определить отношение величин « A/B », а участник экзамена определил значение отношения « B/A », то это не считается ошибкой или погрешностью.

- * Если подмена сводится к тому, что учащийся определил не ту величину, которую требовалось рассчитать по условию задачи, а другую (при условии, что полученный ответ можно считать промежуточным этапом при определении требуемой величины и при этом в других вариантах не требуется определить именно найденную тестируемым величину), то это может быть отнесено к ошибке того же порядка, что и ошибки в преобразованиях.

- * Если же подмена сводится к решению задачи, представленной в другом варианте экзаменационной работы, то такое решение оценивается 0 баллов.

Задача №29 Пример - 3

29 Два тела подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первое тело массой $m_1 = 500$ г движется из состояния покоя вниз с ускорением a . Если первое тело опустить в воду с плотностью $\rho = 1000$ кг/м³, находящуюся в большом объёме, система будет находиться в равновесии. При этом объём погруженной в воду части тела равен $V = 1,5 \cdot 10^{-4}$ м³. Сделайте рисунки с указанием сил, действующих на тела в обоих случаях. Определите ускорение a первого тела.



Возможное решение

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Направим ось x декартовой системы координат, как показано на рисунке.
2. Запишем в первом случае второй закон Ньютона для грузов в проекциях на ось x , а также уравнение кинематической связи:

$$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T \\ m_2 a_2 = m_2 g - T \\ a_1 = -a_2 \end{cases} \quad (1)$$

Решая полученную систему уравнений с учётом того, что по условию задачи $a_1 = a$, определим массу второго тела:

$$m_2 = \frac{m_1 (g - a)}{g + a}. \quad (2)$$

3. Во втором случае система находится в равновесии за счёт появления силы Архимеда, следовательно:

$$\begin{cases} m_2 g - T' = 0 \\ m_1 g - T' - F_{\text{арх}} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

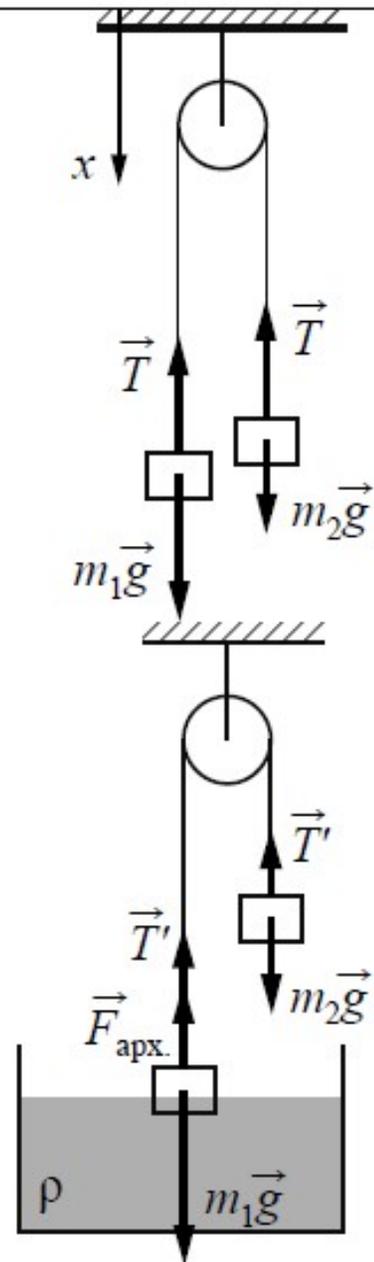
где

$$F_{\text{арх}} = \rho g V. \quad (4)$$

Решая систему уравнений (3) с учётом (2) и (4), получим:

$$a = \frac{\rho g V}{2m_1 - \rho V} = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0,5 - 1000 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}} \approx 1,8 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $a \approx 1,8 \text{ м/с}^2$



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 равновесия тел в инерциальной системе отсчёта, формула для силы Архимеда</i>);</p> <p>II) сделаны правильные рисунки, с указанием сил, действующих на тела в обоих случаях;</p> <p>III) 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>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

Примеры решения

№29

Дано:

$$m_1 = 0,5 \text{ кг}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V = 15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Решение:

1) Т.к. нить нерастян., 1) то m_2 будет двигаться вверх с ускор. a .

На тела действует сила натяжения нити T_1 .

$a = ?$

2) II закон Ньютона на $0x$:

для m_1 : $m_1 a = m_1 g - T_1$ (1)

для m_2 : $-m_2 a = m_2 g - T_1$ (2)

Из (2) подставим T_1 в (1):

$$m_1 a = m_1 g - m_2 (a + g) \quad (3)$$

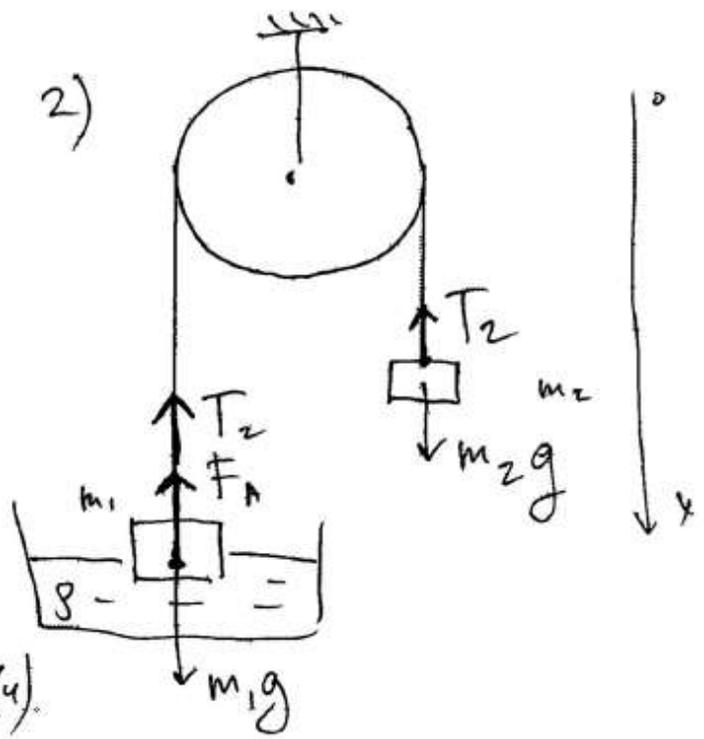
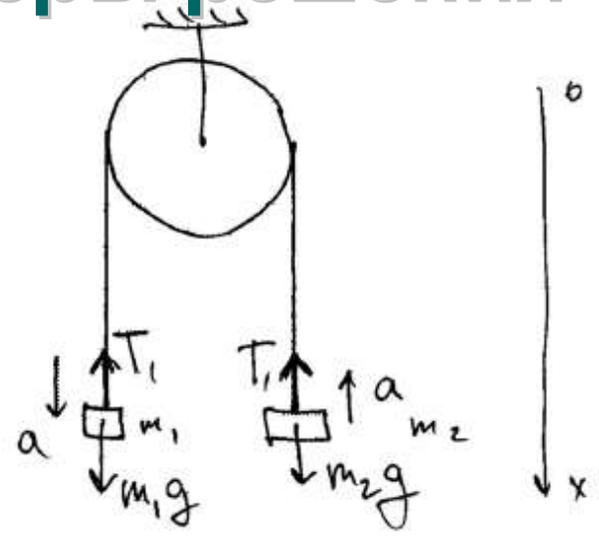
4) Во втором случае тела покоятся $\Rightarrow a = 0$. T_2 — сила натяжения.

II закон Ньютона на $0x$:

для m_1 : $0 = m_1 g - F_A - T_2$, где (4)

$F_A = \rho V g$ — сила Архимеда.

для m_2 : $0 = m_2 g - T_2$ (5)



Подставим (5) в (4): $F_A + m_2 g = m_1 g$ (6)

Подставим m_2 из (6) в (3): $m_1 a = m_1 g - \left(m_1 - \frac{F_A}{g}\right)(a+g)$

$$m_1 a = m_1 g - m_1 a - m_1 g + F_A \cdot \frac{a}{g} + F_A ; F_A = \rho V g$$

$$m_1 a = \rho V a + \rho V g - m_1 a$$

$$(2 m_1 - \rho V) a = \rho V g ;$$

$$= \frac{1,5}{1 - 0,15} = 1,8 \text{ м/с}^2$$

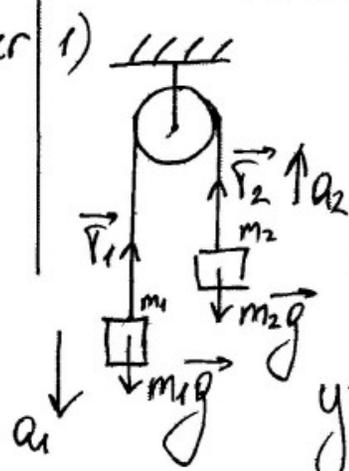
$$\text{Ответ: } a = 1,8 \text{ м/с}^2$$

$$a = \frac{\rho V g}{2m_1 - \rho V} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 10}{2 \cdot 0,5 - 1000 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}} =$$

29. Дано:
 $m_1 = 500 \text{ г}$
 $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
 $V = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$
 $a = ?$

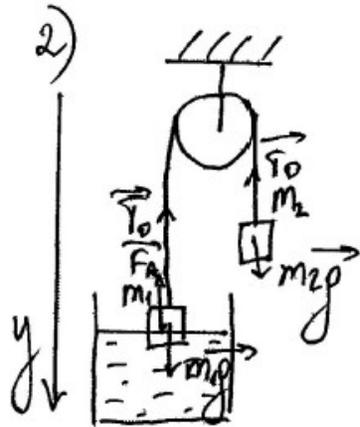
СИ
 $0,5 \text{ кг}$

Решение:



Г.к. блок идеальной,
 нить невесомая и
 нерастяжима, а
 скорость звука, то
 время лет и
 $a_1 = a_2 = a$
 $T_1 = T_2 = T$

Анализировать для случая (2)
 Г.к. сила Архимеда, действующая
 на тело массой m_1



Рассмотрим (1):

по II закону Ньютона:

$$\begin{cases} m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{T} \\ m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{T} \end{cases}$$

В времени y:

$$\begin{cases} m_1 a = m_1 g - T \\ m_2 a = T - m_2 g \end{cases} +$$

$$m_1 a + m_2 a = m_1 g - m_2 g$$

$$a = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

Рассмотрим (2):

по II закону Ньютона, Г.к. скорость
 находится в равновесии:

$$\begin{cases} 0 = m_1 \vec{y} + \vec{F}_A + \vec{T}_0 \\ 0 = m_2 \vec{y} + \vec{T}_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y: 0 = m_1 y - F_A - T_0 \\ y: 0 = m_2 y - T_0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 y = F_A + T_0 \\ m_2 y = T_0 \end{cases} \Rightarrow T_0 = m_2 y - F_A$$

$$\begin{aligned} m_2 y &= m_1 y - F_A \\ m_2 &= m_1 - \frac{F_A}{y} \end{aligned}$$

$$m_2 = m_1 - \frac{f \rho V}{\rho} = m_1 - fV$$

Переходим в (3): $a = \frac{f(m_1 - m_1 + fV)}{m_1 + m_1 - fV} =$

$$= \frac{f \rho V}{2m_1 - fV}$$

Ответ: $a = \frac{f \rho V}{2m_1 - fV} = ???$

2.3

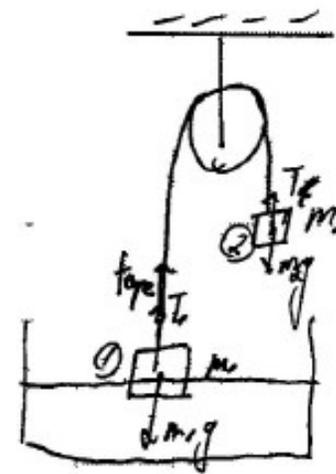
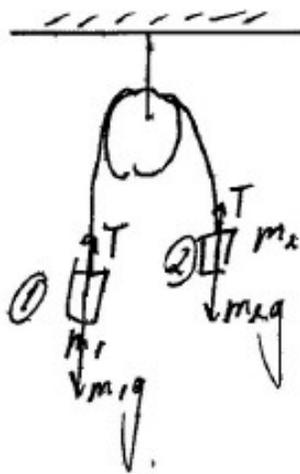
Dato:

$$m_1 = 500 \text{ g}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

1.



II 3# Погружена.

$$1) m_1 a = m_1 g - T$$

$$2) -m_2 a = m_2 g - T \quad ; \quad T = m_2 g + m_2 a$$

$$2. \quad 1) m_1 g = F_{ap} + T_1 \quad ; \quad m_1 g = F_{ap} + m_2 g$$

$$2) m_2 g = T_1 \quad ; \quad m_2 = \frac{m_1 g - F_{ap}}{g}$$

$$m_1 a = m_1 g - m_2 g - m_2 a$$

$$m_1 a = (m_1 g - m_2 (g + a))$$

$$m_1 a = (m_1 g - \frac{(m_1 g - F_{ap}) \cdot (g + a)}{g})$$

$$m_2 g - m_2 a = \frac{(m_1 g - F_{ap})(g + a)}{g}$$

$$a = g = \frac{m_2 (g - a) \cdot g}{m_1 g - F_{ap}} \quad ; \quad a = \frac{m_2 (g - a) g}{m_1 g - F_{ap}} = g$$

$$a (m_1 - \rho V) = m_1 g - m_2 a - g m_2 + \rho g V$$

$$a = \frac{m_1 - m_2 + \rho V}{m_1 + \rho V + m_2} \approx 1,8$$

Ответ = 1,8

2.3

+

2.4

29.

Дано:

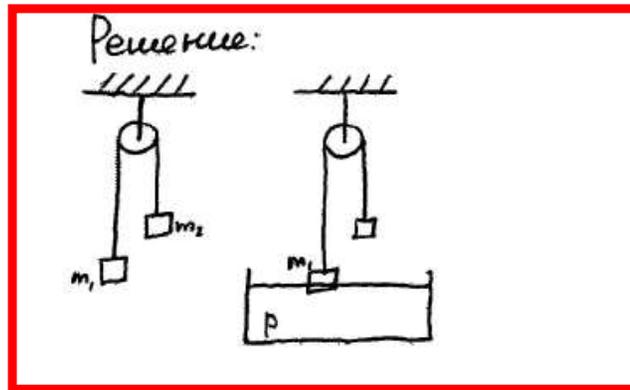
$$m_1 = 500 \text{ г}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$V = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Найти:

а-?



II закон Ньютона

$$T = T_2 + F_{\text{Арх}} - m_1 g = m_1 \cdot 0 \quad (\text{ускорение} = 0; \text{ тело покоится}) \rightarrow$$

$$T_2 + F_{\text{Арх}} = m_1 g = 5 \text{ Н}$$

$$F_{\text{Арх}} = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{погр}} = 1000 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} = 1,5 \text{ Н}$$

$$T_2 + 1,5 \text{ Н} = 5 \text{ Н} \rightarrow T_2 = 3,5 \text{ Н}$$

II закон для 2-го тела

$$T_2 - m_2 g = m_2 \cdot 0 = 0 \quad (\text{ тело покоится})$$

$$T_2 = m_2 g \rightarrow m_2 = 0,35 \text{ кг}$$

$$T_2 = 3,5 \text{ Н}$$

$$\begin{cases} m_1 g - T_1 = m_1 a \\ T_1 - m_2 g = m_2 a \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 5 \text{ Н} - T_1 = 0,5 \cdot a \\ T_1 - 3,5 \text{ Н} = 0,35 a \end{cases} \quad (\text{сложим 2 ур-я})$$

$$5 \text{ Н} - T_1 + T_1 - 3,5 = (0,5 + 0,35) a$$

$$1,5 \text{ Н} = 0,85 a$$

$$a \approx 1,76 \text{ м/с}^2$$

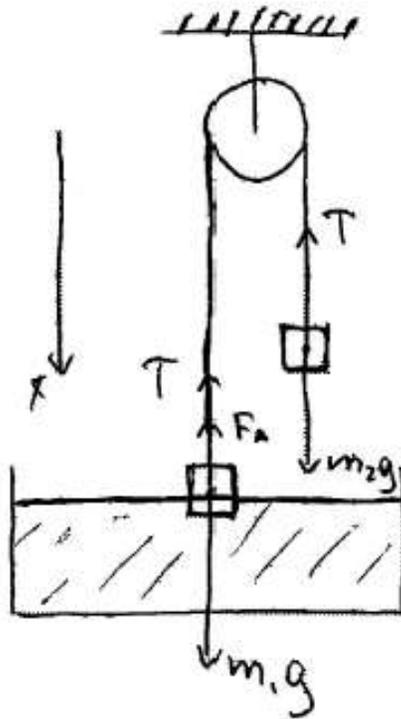
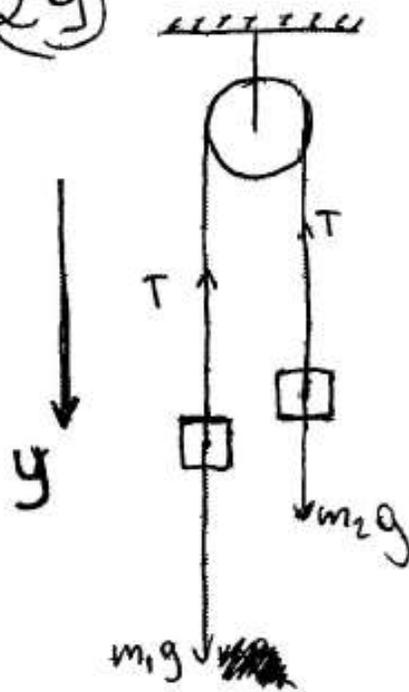
Ответ: $a \approx 1,76 \text{ м/с}^2$

2.1

+

2.4

29



Дано:

$$m_1 = 0,5 \text{ кг}$$

$$V = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$a = ?$

Решение:

$$\left\{ \begin{array}{l} x: m_1 g - T - F_A = 0 \quad \text{II закон Ньютона по оси } x \\ F_A = \rho V g \quad \text{сила Архимеда} \\ y: m_2 g - T = m_2 a \quad \text{II закон Ньютона по оси } y \end{array} \right.$$

$$m_1 g - T - \rho V g = 0$$

$$-T = \rho V g - m_1 g$$

$$m_2 g + \rho V g - m_1 g = m_2 a$$

$$a = \frac{\rho V g}{m_1}$$

$$a = \frac{10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 10}{0,5} = 3 \text{ м/с}^2$$

Ответ: ~~а = 3 м/с²~~ $a = 3 \text{ м/с}^2$

1.3

№ 29

Решено

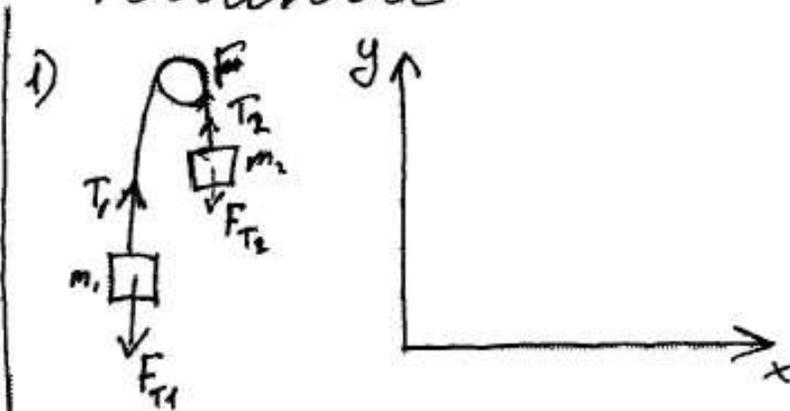
$$m_1 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

$a = ?$

Решение



$$y: T_1 + T_2 + F = F_{T1} + F_{T2}, \quad F = m a$$

$$(1) \quad T_1 + T_2 + m_1 a = m_1 g + m_2 g$$

$$m_1 a = m_1 g + m_2 g - T_1 - T_2$$

⊗

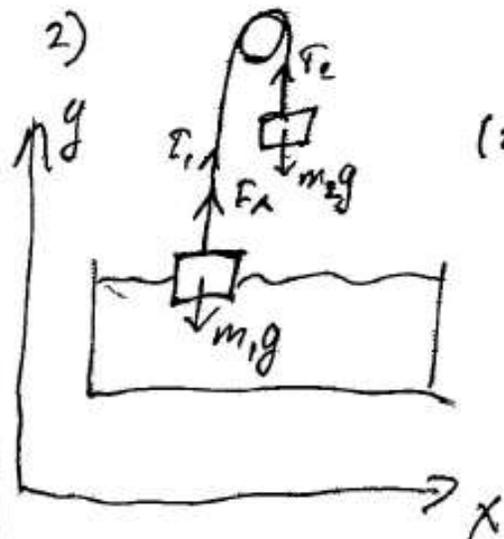
$$(2) \quad y: m_1 g + m_2 g = T_1 + T_2 + F_A$$

$$F_A = m_1 g + m_2 g - T_1 - T_2 = \dots$$

~~из (1) и (2) получаем:~~

$$F_A = -m_1 a$$

$$\rho V g = -m_1 a, \quad m = (m_1 + m_2)$$



$$m_1 g = F_A - T_1 = m_2 g + T_2$$

т.к. и во втором случае блоки находятся в равновесии, то $T_1 + T_2 = 0$

Следует:

$$m_1 g - F_A - T_1 = m_2 g - T_2$$

$$m_1 g - F_A = m_2 g$$

$$\begin{aligned} \& \frac{m_1 g - \rho V g}{g} = m_2 = m_1 - \rho V = 0,5 \text{ кг} - 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\ & = 0,35 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Из (1) уравнения следует

$$T_1 - T_2 + F = F_{T_1} - F_{T_2}, \quad T_1 = T_2$$

$$F = F_{T_1} - F_{T_2} = 0,5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 0,35 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 15 \text{ Н}$$

$$F = 15 \text{ Н}$$

$$F = (m_1 + m_2) a \Rightarrow a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{15 \text{ Н}}{0,85 \text{ кг}} \approx$$

$$\approx 17,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\text{Ответ: } a \approx 17,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

0 или

2???

Задача №30

Пример - 4

В комнате размерами $4 \times 5 \times 3$ м, в которой воздух имеет температуру 10°C и относительную влажность 30% , включили увлажнитель воздуха производительностью $0,2$ л/ч. Чему станет равна относительная влажность воздуха в комнате через $1,5$ ч? Давление насыщенного водяного пара при температуре 10°C равно $1,23$ кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара p и давлением $p_{\text{нас}}$ насыщенного пара при той же температуре: $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}$.

За время τ работы увлажнителя с производительностью I испаряется масса воды $m = \rho I \tau$ плотностью ρ .

В результате исходная влажность в комнате, $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}}$, возрастает до значения

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}.$$

Водяной пар в комнате объёмом V является разреженным газом, который подчиняется уравнению Менделеева – Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

где M – масса водяного пара, p – парциальное давление, μ – его молярная масса. Увеличение массы пара в комнате на m (от m_1 до $m_2 = m_1 + m$) приводит к увеличению парциального давления на величину, пропорциональную

испарившейся массе: $\Delta p = \frac{m RT}{\mu V} = \frac{\rho I \tau RT}{\mu V}$.

Отсюда: $\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\rho I \tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{\text{нас}} V}$.

Подставляя значения физических величин, получим:

$$\varphi_2 = 0,3 + \frac{10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{8,31 \cdot 283}{1,23 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3} \approx 0,83 = 83\%.$$

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: *определение относительной влажности для двух состояний воздуха, уравнение Менделеева – Клапейрона, выражение для производительности увлажнителя*);

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);

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

Примеры решения

$$V_{\text{комната}} = a \cdot b \cdot c = 60 \text{ м}^3$$

Увлажнитель воздуха увлажнит массу воды в комнате

$$m_{\text{в}} = V_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \quad (\rho_{\text{в}} - \text{плотность воды})$$

(объем воды)

$$V_{\text{в}} = V_{\text{ув}} \cdot t$$

$$V_{\text{ув}} = 0,2 \text{ л/ч (дано)}$$

$$V_{\text{в}} = 0,2 \text{ л/ч} \cdot 1,5 \text{ ч} = 0,3 \text{ л} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\varphi_0 = 30\%$$

$$\varphi_0 = \frac{p_0}{p_{\text{н.п}}} \cdot 100\% \quad p_0 = \frac{\varphi_0 \cdot p_{\text{н.п}}}{100\%}$$

$$p_0 V_{\text{к}} = \nu R T$$

$$p_0 V_{\text{к}} = \frac{m_0}{M_{\text{в}}} R \cdot T$$

$$m_0 = \frac{p_0 V_{\text{к}} \cdot M_{\text{в}}}{R T}$$

φ_1 влажность воздуха увлажнителя

$$\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{н.п}}} \cdot 100\%$$

$$V_{\text{к}} p_1 = \frac{m_1}{M_{\text{в}}} R \cdot T$$

($V_{\text{к}}$ и T постоянны)

$$V_{\text{к}} = 60 \text{ м}^3$$

$$T = 10^\circ\text{C} + 273 = 283 \text{ К}$$

$$p_{\text{н.п}} \text{ при } t = 10^\circ\text{C} = 1,23 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$m_1 = m_0 + m_{\text{в}}$$

$m_{\text{в}}$ - масса воды, полученной от увлажнителя

$$\varphi_1 = \left[\frac{p_0 V_{\text{к}} \cdot M_{\text{в}}}{R T} + V_{\text{ув}} \cdot t \cdot \rho_{\text{в}} \right] \cdot R \cdot T \cdot 100\% \quad \text{где } p_0 = \frac{\varphi_0 \cdot p_{\text{н.п}}}{100\%}$$

$$\varphi_1 = \left[\frac{30\% \cdot 1,23 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 60 \text{ м}^3}{100\% \cdot 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 283 \text{ К}} + 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{ч} \cdot 1,5 \text{ ч} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \right] \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$= \frac{283 \text{ К} \cdot 100\%}{18 \cdot 10^3 \text{ кг/моль} \cdot 60 \text{ м}^3 \cdot 1230 \text{ Па}}$$

$$\varphi_1 = 83,1\%$$

$$\text{Ответ: } 83,1\%$$

см на обороте

Дано
 $V = 4,5 \cdot 3 \text{ м}^3$
 $T = 283 \text{ К}$
 $n_1 = 30\%$
 $A = 0,2 \text{ м}^2$
 $t = 1,5 \text{ ч}$
 $P_H = 1230 \text{ Па}$
 Найти
 n_2

Решение:

1) Найдем парциальное давление водяного пара в комнате при влажности 30%:

$$n_1 = \frac{P_1}{P_H} \Rightarrow P_1 = n_1 \cdot P_H$$

$$P_1 = 0,3 \cdot 1230 \text{ Па} = 369 \text{ Па}$$

2) Найдем сколько моль водяного пара производит увлажнитель за 1,5 ч.:

$$V_2 = \frac{m}{\mu};$$

$$V_2 = A \cdot t; \quad m = V \cdot \rho;$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow V_2 = \frac{A \cdot t \cdot \rho}{\mu}$$

$$V_2 = \frac{50}{3} \text{ моль}$$

3) По формуле Менделеева - Клапейрона найдем сколько моль водяного пара будет в комнате, после работы увлажнителя:

$$P_1 V = \nu_1 R T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_1 = \frac{P_1 V}{R T}$$

$$\nu_1 = \frac{369 \cdot 60}{8,31 \cdot 283} \approx 9,41 \text{ моль}$$

$$\nu = \nu_1 + \nu_2$$

$$\nu = 9,41 + \frac{50}{3} \approx 26,1 \text{ моль}$$

4) По формуле Менделеева - Клапейрона найдем давление, установившееся в комнате после работы увлажнителя:

$$P = \frac{\nu R T}{V}$$

$$P = \frac{26,1 \cdot 8,31 \cdot 283}{60} \approx 1022,26 \text{ Па}$$

5) Найдем относительную влажность:

$$n_2 = \frac{1022,26}{1230} \approx 83\%$$

Ответ: 83%

29.

Дано:

$$V = 60 \text{ м}^3$$

$$T = 283 \text{ K}$$

$$\eta_1 = 30\%$$

$$W = 0,2 \frac{\text{л}}{\text{ч}}$$

$$t = 1,5 \text{ ч}$$

$$P_H = 1,23 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\eta_2 - ?$$

$$1. PV = \nu RT \quad V - \text{const}; R - \text{const}; T - \text{const}$$

2. воздушной пар ρ сферическая в масле $\rho_{\text{м}} = 0,3 \text{ кг/л} = M_1$

$$3. \frac{p}{P_H} = \eta$$

$$4. \frac{\nu RT}{V \cdot P_H} = \eta \Rightarrow \nu_{\text{пара в цилиндре}} = \frac{\eta_1 \cdot V \cdot P_H}{T \cdot R}$$

5. масса пара в цилиндре $M_2 = \nu_1 \cdot M + M_1$ (через 1,5 ч.)

$$6. \eta_2 = \frac{\nu_{\text{через 1,5 часа}} \cdot R \cdot T}{V \cdot P_H}$$

$$\nu_{\text{через 1,5 часа}} = \nu_2 = \frac{M_2}{M} = \frac{\nu_1 \cdot M + M_1}{M}$$

$$\eta_2 = \left(\frac{\eta_1 \cdot V \cdot P_H}{T \cdot R} + \frac{M_1}{M} \right) \cdot \frac{R \cdot T}{V \cdot P_H} = \frac{26,081 \cdot 0,31 \cdot 283}{60 \cdot 1,23 \cdot 10^3} = 83,1\%$$

~~Ответ: 83,1%~~ Ответ: $83,1\% = \eta_2$

Дано:

$$V_{\text{конч}} = 60 \text{ м}^3,$$

$$T = 283 \text{ К},$$

$$\varphi = 30\%, \quad m_{\text{возг}} = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$p_{\text{эф}} = 0,5112;$$

$$p_{\text{нас. пар}} = 1,235 \text{ Па};$$

Найти:

$$\varphi \text{ через } 15 \text{ с}$$

Решение:

$$\textcircled{1} \frac{p_{\text{возг пар}}}{p_{\text{нас пар}}} = 0,7, \quad p = 861 \text{ Па}$$

$$\textcircled{2} p V_{\text{кон}} = \nu R T$$
$$861 \cdot 60 = \nu \cdot 8,31 \cdot 283$$

$$\nu = 22 \text{ моль}, \quad 22 = \frac{m}{29 \cdot 10^{-3}}, \quad m = 0,64 \text{ кг}$$

$\textcircled{3}$ За 1,5 с отпаривает 0,314 кг 0,3 кг.
Т.е. остается: $0,64 - 0,3 = 0,34 \text{ кг}$
ке возг. паров.

④ Всього скільки всього:

$$1230 \cdot 60 = 2,13 \cdot 10^5$$

$$m = 0,91 \text{ кг.}$$

⑤, T, e , ~~на~~ Вог. паров станок:

$$0,91 - 0,34 = 0,57 \text{ кг}$$

⑥ Кінтети р. вог. паров кавор:

$$p \cdot V = 2,13 \cdot 10^5$$

$$p \cdot 60 = \frac{0,57}{29 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 283$$

$$p = 770 \text{ Па.}$$

⑦ $\varphi = ?$

$$\varphi = \frac{P_{\text{вог. пар}}}{P_{\text{кач. п}}} = \frac{770}{7230} \cdot 100\%$$

$$= 62,6\% - \text{отвѣт.}$$

29

Дано:
 $T = \text{const} = 10^\circ \text{C}$
 $k = 0,2 \text{ м/ч}$
 $a = 4 \text{ м}$
 $b = 5 \text{ м}$
 $h = 3 \text{ м}$
 $t = 1,5 \text{ ч}$
 $\varphi_1 = 30\%$
 $p_{\text{нп}} = 1,23 \text{ кПа}$

Решение: см
 283 К
 $0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/ч}$
 $0,3$
 $1,23 \cdot 10^3 \text{ Па}$

Решение:
 Влажность до включения увлажнителя:
 $\varphi_1 = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{нп}}}$ где $p_{\text{п}}$ - давление пара
 По уравнению Менделеева - Клапейрона:
 $pV = \nu RT$
 $p_{\text{п}} \cdot V = \nu RT$
 $\nu = \frac{m_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}}}$

$\varphi_2 = ?$

$$p_{\text{п}} V = \frac{m_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}}} RT$$

П.к. комната имеет форму прямоугольного параллелепипеда;
 $m_{\text{п}} V = a \cdot b \cdot h \Rightarrow p_{\text{п}} a b h = \frac{m_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}}} RT$

$$p_{\text{п}} = \frac{m_{\text{п}} RT}{\mu_{\text{п}} a b h}, \text{ тогда } \varphi_1 = \frac{m_{\text{п}} RT}{\mu_{\text{п}} a b h \cdot p_{\text{нп}}} \Rightarrow m_{\text{п}} = \frac{\mu_{\text{п}} a b h \cdot p_{\text{нп}} \cdot \varphi_1}{RT}$$

Fluxus massa = $\frac{m}{t}$ = $\frac{V \cdot \rho}{t}$ = $\frac{V \cdot \rho}{V + kt}$ = $\frac{V \cdot \rho}{V} = \rho$ (constant)

~~$$\frac{m_{n1}}{m_{n2}} = \frac{V \cdot \rho}{(V + kt) \cdot \rho}$$

$$\frac{m_{n1}}{m_{n2}} = \frac{V}{V + kt}$$~~

~~$$= \frac{(abh + kt) \cdot \rho \cdot abh \cdot p_{n1} \cdot l_1}{RT} = \frac{(abh + kt) \cdot \rho \cdot p_{n1} \cdot l_1}{RT}$$~~

~~$$p_{n2} \cdot abh = \frac{(abh + kt) \cdot \rho \cdot p_{n1} \cdot l_1 \cdot RT}{m_{n2} \cdot RT}$$

$$p_{n2} = \frac{(abh + kt) \cdot \rho \cdot p_{n1} \cdot l_1}{abh \cdot m_{n2}}$$~~

$$p_{n2} = \frac{m_{n2}}{\mu} RT$$

1.2

29

$$u = 0,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$\tau = 1,5 \text{ ч}$$

$$f_0 = 0,3$$

$$V = 60 \text{ м}^3$$

$$p_0 = 1,23 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$T = 283 \text{ К}$$

$f = \frac{p}{p_0}$, p_0 - давление насыщ. вод. пара, p - давление вод. пара
 f - отн. влажность

$\Delta V = u \tau$ - объем вод. пара, выделившийся увлажнителем за τ часов.

По закону Менделеева - Клапейрона:

$$(p + p_1) V = \nu R T_0 \quad p_1 - \text{давление воздуха в начале}$$

$$f = \frac{V_0 + \Delta V}{V}, \quad V_0 - \text{пар, выделившийся за } \tau \text{ часов}$$

$f = \frac{p_2}{p_0}$ - искомая отн. влажность, p_2 - давл. вод. пара через 1,5 часа.

Дано:

$$V_k = 60 \text{ м}^3$$

$$T = 10^\circ \text{C}$$

$$\varphi_6 = 30\%$$

$$\text{Производ.} = 0,2 \frac{\text{л}}{\text{ч}}$$

$$t = 1,5 \text{ ч}$$

$$P = 1,23 \text{ кПа}$$

$$\varphi_6' = ? + \varphi_6 = ?$$

Решение:

$$1) \varphi_6 = \frac{P_n}{P_H} \cdot 100\%$$

$$\frac{P_n}{1,23} \approx 100\% = 30 \Rightarrow P_n = 0,369$$

2) За 1,5 ч увлажнитель увлажнит воздух на $0,2 \cdot 1,5 = 0,3 \text{ л}$

$$3) 60 \cdot 0,3 = 18 \text{ м}^3$$

~~$$30 - 0,3 = 9$$~~

$$60 - 18 = 42 \text{ м}^3$$

$$\frac{42}{60} = 0,7$$

$$\frac{0,7}{0,3} = \frac{30}{\varphi_6} \Rightarrow \varphi_6' = \frac{30 \cdot 0,3}{0,7} \approx 12,9\%$$

$$\varphi_6' + \varphi_6 = 30\% + 12,9\% = 42,9\%$$

Ответ: 42,9%

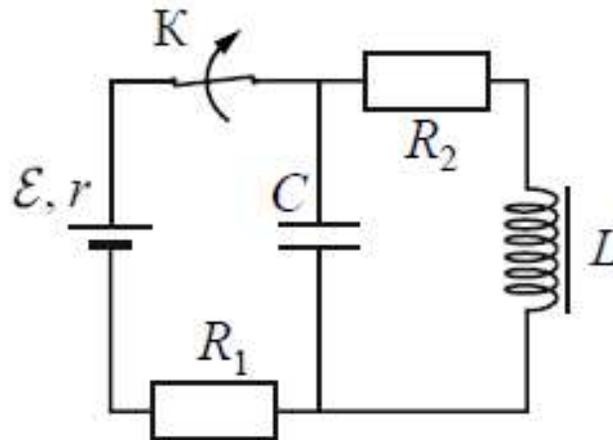
0

Задача №31

Пример - 5

31

На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом, двух резисторов с сопротивлениями $R_1 = 8$ Ом и $R_2 = 3$ Ом, конденсатора ёмкостью $C = 4$ мкФ и катушки с индуктивностью $L = 24$ мкГн. В начальном состоянии ключ K длительное время замкнут. Какое количество теплоты выделится на резисторе R_2 после размыкания ключа K ? Сопротивлением катушки пренебречь.



Возможное решение

До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые резисторы R_1 , R_2 и катушку L . Согласно закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12}{8 + 3 + 1} = 1$ А. При этом напряжение на конденсаторе равно $U = IR_2 = 1 \cdot 3 = 3$ В. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 9}{2} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 18 \text{ мкДж},$$

и в катушке индуктивности –

$$W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{24 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{2} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 12 \text{ мкДж}.$$

После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде тепла на резисторе R_2 : $Q = W_C + W_L = 18 + 12 = 30$ мкДж.

Ответ: $Q = 30$ мкДж

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p data-bbox="107 440 1850 496">Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p data-bbox="107 505 1850 951">I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула расчёта сопротивления последовательно соединённых резисторов, законы Ома для полной цепи и участка цепи, формула энергии электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки с током, закон сохранения энергии</i>);</p> <p data-bbox="107 959 1850 1276">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 data-bbox="107 1284 1850 1471">III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p data-bbox="107 1479 1850 1593">IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

Примеры решения

№33

Дано
 $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$
 $r = 1 \text{ Ом}$
 $R_1 = 8 \text{ Ом}$
 $R_2 = 3 \text{ Ом}$
 $C = 4 \text{ мкФ}$
 $L = 24 \text{ мкГн}$

$Q_{R_2} = ?$

... .., $\eta = 0,32$ мкДж

Решение

После размыкания ключа К начнется колебание.

По закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12 \text{ В}}{8 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$$

т.к. сопротивление катушки можно пренебречь, то $I_L = \frac{U_{R_2}}{R_2}$

$$Q_C = W_C = \frac{C U_C^2}{2} = \frac{C U_{R_2}^2}{2}$$

$$U_{R_2} = I_L \cdot R_2 = 1 \text{ А} \cdot 3 \text{ Ом} = 3 \text{ В}$$

$$Q_C = W_C = \frac{C U_C^2}{2} = \frac{C U_{R_2}^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 9 \text{ В}^2}{2} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$W_L = \frac{L I^2}{2} = \frac{24 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot 1 \text{ А}^2}{2} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

3

$$Q_{R_2} = W_L + W_C = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} + 18 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

= 30 мкДж

Ответ: $Q_{R_2} = 30 \text{ мкДж}$

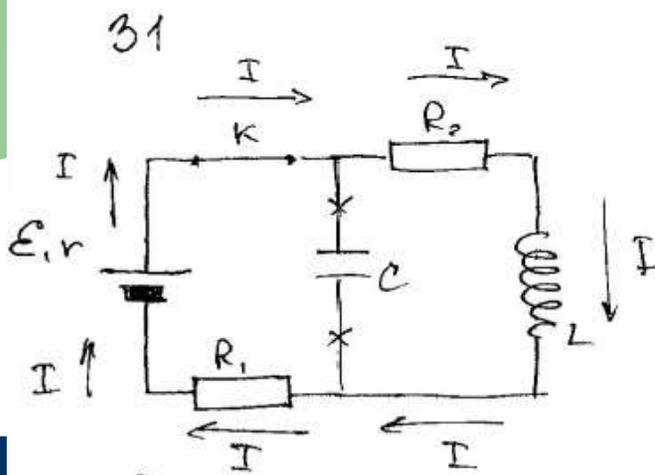


Рисунок 1

Решение:

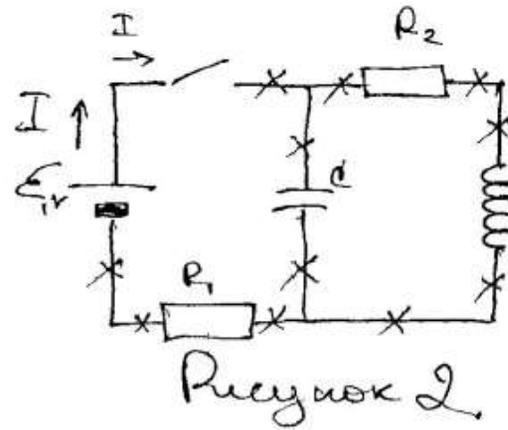


Рисунок 2

Дано.

$$E = 12 \text{ В}, C = 4 \text{ мкФ}$$

$$r = 1 \text{ Ом}, L = 24 \text{ мкГн}$$

$$R_1 = 8 \text{ Ом},$$

$$R_2 = 3 \text{ Ом},$$

$$Q_2 = ?$$

Сначала ключ длительное время замкнут, ток пойдет так как на рисунке 1.

По закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{E}{r + R_{\text{ос}}} = \frac{E}{r + R_1 + R_2} \quad (R_2 \text{ и } R_1 \text{ соединены непосредственно здесь)} =$$

$$= \frac{12}{1 + 3 + 8} = 1 \text{ А}$$

Напряжение ~~на~~ конденсатора равно напряжению на резисторе R_2 , то есть $U_C = I R_2 = 3 \text{ В}$, значит энергия конденсатора в тот момент =

$$= W'_C = \frac{C U_C^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 9}{2} = 18 \text{ мкДж}$$

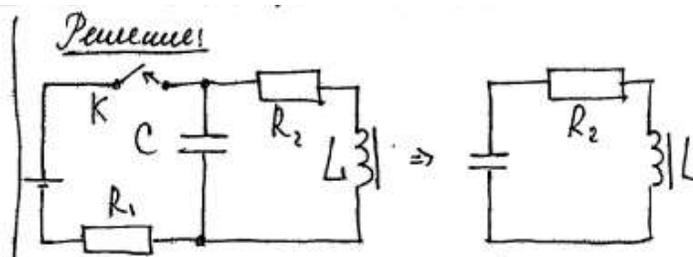
Какая-то часть энергии $W_L = \frac{L I^2}{2} = \frac{24 \cdot 10^{-6} \cdot 1^2}{2} = 12 \text{ мкДж}$, значит полная энергия системы была равной $W_{\text{нач}} = W_C + W_L = 18 + 12 = 30 \text{ мкДж}$

Когда ключ замыкают, ток перестает течь, работа источника обнуляется ($A_{ист} = \mathcal{E}I = \mathcal{E} \cdot 0 = 0$), значит вся энергия выделится на нагревание резисторов ~~R_1 и R_2~~ . ~~$Q_{обус} = Q_{R_1} + Q_{R_2} = W_{наз}$~~ При этом количество теплоты разобьется на те же доли, что и сопротивление одного резистора к общему сопротивлению, то есть $Q_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} Q_{обус} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + r} W_{наз} =$

$$= \frac{3}{2+3+1} \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 7,5 \text{ мкДж}$$

Ответ 7,5 мкДж.

31. Дано:
 $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$
 $r = 1 \text{ Ом}$
 $R_1 = 8 \text{ Ом}$
 $R_2 = 3 \text{ Ом}$
 $C = 4 \text{ мкФ} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 $L = 24 \text{ мГн} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$
 $Q = ?$



до размыкания после размыкания
 Т.к. ключ долгое время был замкнут, то конденсатор и катушка успели полностью зарядиться.

Заряженный конденсатор эквивалентен разрыву цепи (через него ток не течёт), сопротивление катушки или, по-условности, индуктивности. Тогда напряжение на конденсаторе U_C равно напряжению на клеммах источника \mathcal{E} ; ток через катушку I_L равен току в цепи I .

2) По закону Ома для замкнутой цепи и для участка цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}; \quad U = IR = \frac{R}{r + R} \mathcal{E}, \text{ где } R - \text{ суммарное внешнее сопротивление.}$$

Т.к. резисторы соединены последовательно (топливу через конденсатор ток не течёт), $R = R_1 + R_2$

3) Энергия заряженной катушки $W_L = \frac{L I^2}{2} = \frac{L \mathcal{E}^2}{2 (r + R)^2}$;
 Энергия заряженного конденсатора $W_C = \frac{C U^2}{2} = \frac{C \mathcal{E}^2 R^2}{2 (r + R)^2}$

4) После размыкания ключа цепь будет состоять только из катушки и конденсатора. По закону сохранения энергии, все энергия, запасённая в катушке и конденсаторе, выделится в виде тепла на резисторе R_2 :

$$Q = W_L + W_C = \frac{L \mathcal{E}^2}{2 (r + R)^2} + \frac{C \mathcal{E}^2 R^2}{2 (r + R)^2} = \frac{\mathcal{E}^2}{2 (r + R)^2} (L + C R^2) = \frac{\mathcal{E}^2}{2 (r + R_1 + R_2)^2} (L + C (R_1 + R_2)^2)$$

$$Q = \frac{144}{2 \cdot (1 + 3 + 8)^2} (24 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot (3 + 8)^2 \cdot 10^{-6}) = \frac{144 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 144} (24 + 4 \cdot 121) = 254 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 254 \text{ мкДж}$$

Ответ: $Q = \frac{\mathcal{E}^2}{2 (r + R_1 + R_2)^2} (L + C (R_1 + R_2)^2)$
 $Q = 254 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 254 \text{ мкДж}$

1.3

Дано:

$$E = 12 \text{ В}$$

$$R_1 = 8 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 3 \text{ Ом}$$

$$C = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 24 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

$Q_2 = ?$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{I^2 R_1}{I^2 R_2}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$Q_1 = \frac{Q_2 R_1}{R_2}$$

$$Q_1 = \frac{8 Q_2}{3}$$

Решение. N31.

U_R - напряжение резисторов.

По закону сохранения энергии:

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = Q_1 + Q_2$$

$$I = \frac{E}{r + R_2 + R_1}; I = 1 \text{ А.}$$

(зависит от того как соединены элементы).

$$(U = E) U = E + U_R; U = E + IR_1 + IR_2; U = 23 \text{ В.}$$

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = Q_1 + Q_2$$

подставляем си. на

Переходим к закону сохранения энергии:

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{8 Q_2}{3} + Q_2$$

$$2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{529}{1058} + 12 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = \frac{11 Q_2}{3}$$

$$288 \cdot 10^{-6} + 12 \cdot 10^{-6} = \frac{11 Q_2}{3}$$

$$300 \cdot 10^{-6} = \frac{11 Q_2}{3}$$

$$1070 \cdot 10^{-6} = \frac{11 Q_2}{3}$$

$$900 \cdot 10^{-6} = 11 Q_2$$

$$3210 \cdot 10^{-6} = 11 Q_2$$

$$Q_2 = \frac{900 \cdot 10^{-6}}{11} = 81,8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж.}$$

$$Q_2 = 291,8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q_2 = 81,8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж.}$



Дано:

$$\mathcal{E} = 12 \text{ В}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

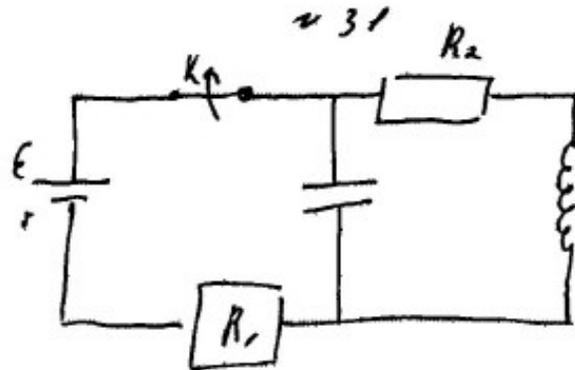
$$R_1 = 8 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 3 \text{ Ом}$$

$$C = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 24 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

Q - ?



По закону Ома для полной цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{общ}} + r}$.

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 = 11 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{12}{11+1} = 1 \text{ А.}, \quad I - \text{сила тока.}$$

После размыкания ключа К начнется зарядка конденсатора.

Период колеб. можно найти по формуле Томпсона: $T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{24 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 8\pi \cdot 10^{-6} \sqrt{6}$.

Кол. теплоты - $Q = I^2 R_2 T = 1 \cdot 3 \cdot 8\pi \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{6} = 24\pi \cdot \sqrt{6}$ мкДж.

Ответ: $24\pi \cdot \sqrt{6}$ мкДж.

31

Дано:

$$\mathcal{E} = 12 \text{ В}$$

$$R_1 = 80 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 3 \text{ Ом}$$

$$C = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 24 \text{ мкГн}$$

$$r = 1 \text{ Ом}$$

$$Q_{R_2} = ?$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{\text{капучинки}} = \frac{L I^2}{2} \\ W = \frac{q^2}{2C} \\ W_2 = \frac{CU}{2} \\ W = \frac{qU}{2} \\ U = IR \\ \mathcal{E} = I(R + r) \\ Q = UI t \\ Q = I^2 R t \\ Q = \frac{U^2}{R} \cdot t \\ I = \frac{q}{t} \end{array} \right.$$

энергия катушки

энергия конденс.

энергия конденс.

энергия конденс.

закон Ома

ЭДС источника

кол-во теплоты

кол-во теплоты

кол-во теплоты.

сила тока

0

Задача №32 Пример - 6

На плоскую цинковую пластинку падает электромагнитное излучение. Фотоэлектроны удаляются от поверхности пластинки на расстояние не более 8,75 см в задерживающем однородном электрическом поле, перпендикулярном пластинке. Напряжённость поля 100 В/м. Работа выхода электрона с поверхности цинка 3,74 эВ. Какова длина волны падающего излучения?

Возможное решение

1. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из пластины, W_{\max} определяется уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + W_{\max}. \quad (1)$$

2. Максимальное удаление от пластины d для электрона с зарядом e в электрическом поле E определяется законом сохранения энергии:

$$W_{\max} = Eed. \quad (2)$$

3. Отсюда:
$$\lambda = \frac{hc}{A_{\text{вых}} + eEd}.$$

4. Подставляя значения физических величин, получим:

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,74 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^2 \cdot 8,75 \cdot 10^{-2}} \approx 100 \text{ нм}.$$

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: *уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, формула связи разности потенциалов с напряжённостью однородного электростатического поля, формула работы электростатического поля, закон сохранения энергии*);

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);

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

Примеры решения

31. ~~Задача~~ **Dано:** ~~Решение:~~ **Решение:**

$A_6 = 3,74 \text{ эВ}$	$5,984 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$	$\frac{hc}{\lambda} = A_6 + qU \rightarrow \frac{hc}{\lambda} = A_6 + qEd$ $\lambda = \frac{hc}{A_6 + qEd} =$ $\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{5,984 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} + 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 100 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 0,0875 \text{ м}}$ $\approx 1 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 100 \text{ нм.}$
$d = 8,75 \text{ см}$	$0,0875 \text{ м}$	
$E = 100 \frac{\text{В}}{\text{м}}$		
$\lambda - ?$		

~~$6,6 \cdot 10^{-34}$~~ ~~$3 \cdot 10^8$~~ ~~$5,984 \cdot 10^{-19}$~~ ~~$1,6 \cdot 10^{-19}$~~

Ответ: длина волны излучения равна 100 нм.

Дано:

$$d = 8,75 \mu\text{m} = 0,0875 \mu\text{m}$$

$$E = 100 \text{ В/м}$$

$$A_{\text{выт}} = 3,74 \text{ эВ} =$$

$$= 3,74 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 5,984 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

λ - ?

$$\lambda = \frac{hc}{A_{\text{выт}} + E \bar{e} d} =$$

$$\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,984 \cdot 10^{-19} + 100 \cdot 0,0875 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 9,9 \cdot 10^{-8} \text{ м} = 99 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 99 \text{ нм.}$$

Вспользуемся уравнением Эйнштейна.

$$\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{выт}} + \frac{m_e \bar{e} u^2}{2}$$

~~мы~~ A — работа поле по перемещению заряда

по закону сохранения энергии.

$$\frac{m_e \bar{e} u^2}{2} - A = 0. \quad A = Fs = E \bar{e} d = E \bar{e} d$$

$$\frac{m_e \bar{e} u^2}{2} = E \bar{e} d. \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = A_{\text{выт}} + E \bar{e} d.$$

Ответ: 99 нм.

$$l = 8,75 \text{ нм} = 0,0875 \text{ м}$$

$$U = 100 \frac{\text{В}}{\text{см}}$$

$$A_{\text{вых}} = 3,74 \text{ эВ}$$

$$\lambda - ?$$

$$h\nu = E + A_{\text{вых}}$$

$$E = U \cdot l$$

$$h\nu = U \cdot l + A_{\text{вых}} = 100 \cdot 0,0875 + 3,74 = 12,49 \text{ эВ}$$

$$\nu = \frac{12,49 \text{ эВ} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 3 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

Так как это свет, $c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu}$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{15}} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Отв: $\lambda = 10^{-7} \text{ м}$

2.1

N 31
 Дано: $\lambda = 8,75 \text{ нм}$
 $\rho = 8,75 \text{ см} = 8,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
 $E = 100 \frac{\text{В}}{\text{см}}$
 $A_6 = 3,74 \Rightarrow B = 5,984 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
 $\lambda = ?$

Решение: 1. Уравнение Шредингера для фотоэфекта: $E = A_6 + \frac{mv^2}{2}$.

2. По формуле Планка $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$.

3. $\frac{hc}{\lambda} = A_6 + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{A_6 + \frac{mv^2}{2}} \quad (*)$

4. Из формулы кинематического равноускоренного движения: $v^2 - v_0^2 = 2as, v_0 = 0 \text{ м/с} \Rightarrow v^2 = 2as. (1)$

5. На движущийся электрон действует сила электромагнитного поля $F_{эл} = |e| \cdot E$.

6. Второй закон Ньютона в векторной форме:

$m\vec{a} = \vec{F}_{эл} \Rightarrow ma = F_{эл} \Rightarrow ma = E \cdot |e| \Rightarrow a = \frac{E \cdot |e|}{m}. (2)$

7. Из выражений (1) и (2) получаем: $v^2 = \frac{2}{m} \cdot E \cdot |e| \cdot s. (3)$

8. Подставим полученное значение (3) в (*):

$\lambda = \frac{hc}{A_6 + \frac{mv^2}{2}} = \frac{hc}{A_6 + E|e|s}$

$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,984 \cdot 10^{-19} + 10^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 8,75 \cdot 10^{-3}} = \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{5,984 \cdot 10^{-19} + 14 \cdot 10^{-20}}$
 $= \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{5,984 \cdot 10^{-19} + 1,4 \cdot 10^{-19}} = \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{7,384 \cdot 10^{-19}} = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 270 \cdot 10^{-9} = 270 \text{ нм}$

2.3
 +
 2.2

Ответ: 270 нм; $\lambda = \frac{hc}{A_6 + E|e|s}$.

3) Дано:
 $\chi = 8,75 \text{ эВ}$
 $E = 100 \text{ эВ}$
 $A_0 = 3,74 \text{ эВ}$
 $\lambda = ?$

См:
 $0,0875 \text{ нм}$

формула для фотоэффекта на поверхности
 метал. катода: $E = \frac{hc}{\lambda}$, $E_{\text{напр. от. катод}}$, λ - длина
 волны падающего света, χ - работа выхода
 из металла

Используем уравнение Эйнштейна для
 фотоэффекта: $\frac{hc}{\lambda} = A_0 + eU$, где λ - длина волны падающего
 света, A_0 - работа выхода e ,

$$\lambda = \frac{hc}{A_0 + eU} = \frac{hc}{A_0 + E\chi}$$

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} (3,74 + 100 \cdot 0,0875)} = \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 12,49} \approx 10^{-4} \text{ (м)} =$$

$$= 100 \text{ (нм)}$$

Ответ: 100 нм.

31. Дано:

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$l = 8,45 \text{ м}$$

$$U = 100 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$A_B = 3,74 \text{ эВ}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$\lambda = ?$

CU

$$\approx 6 \cdot 10^{-19} \text{ В}$$

Решение:

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

$$E_{\text{ф}} = A_B + eU_3 = A_B + \frac{mv^2}{2}$$

$$E_{\text{ф}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = A_B + eU_3$$

$$\lambda = \frac{hc}{A_B + eU_3} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{6 \cdot 10^{-19} \text{ В} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100 \text{ В}} =$$

$$= \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{166 \cdot 10^{-19}} \approx 0,1 \cdot 10^{-7} = 100 \cdot 10^{-9} = 100 \text{ нм.}$$

Ответ: $\lambda = 100 \text{ нм.}$

1.3

31. Дано:

$$d = 8,75 \text{ мкм} = 8,75 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$E = 100 \text{ В/м}$$

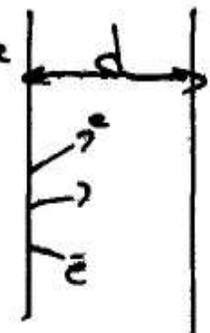
$$A_{\text{вмк}} = 3,74 \text{ В}$$

$$\lambda = ?$$

Параметры: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

$$E_{\text{ф}} = A_{\text{вмк}} + e \cdot U_3$$

$$U_3 = \frac{E}{d} = \frac{100}{8,75 \cdot 10^{-2}} = 1142,86 \text{ В}$$



$$\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вмк}} + e \cdot U_3$$

$$\frac{hc}{\lambda} = 3,74 + 1142,86 = 1146,6 \text{ В} = 1834,56 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E_{\text{ф}}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1834,56 \cdot 10^{-19}} = 0,01 \cdot 10^{-2} = 1 \cdot 10^{-2} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 1 \text{ мкм}$$

1.3

$h = 8,75 \text{ eV}$ $h = 8,75 \text{ eV}$ $c = 100 \text{ B/m}$ $A_G = 3,74$	$\lambda = 0,0875 \mu\text{m}$
$\lambda = ?$	

$$A_G = \frac{h \cdot c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{A_G}$$

$$\lambda = \frac{0,0875 \mu\text{m} \cdot 100}{3,74} = \frac{8,75}{3,74} \approx 2,34$$

Answer: 2,34



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!