



Особенности ЕГЭ 2025 по физике

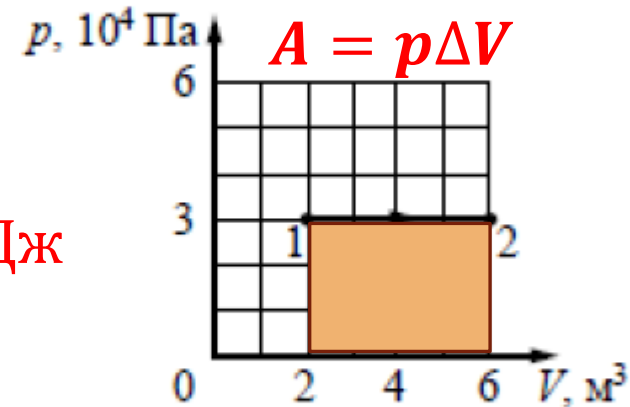
Бородин Игорь Дмитриевич bujhm61@mail.ru 8-(963)-039-41-61

Особенности заданий с кратким ответом

Задания с кратким ответом в виде числа:

- целое число, конечная десятичная дробь, знак «минус»
- с учетом заданных единиц величин

Какую работу совершает идеальный газ при переходе из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



$$12 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

Ответ: 120 кДж.

С какой силой взаимодействуют в вакууме два маленьких заряженных шарика, находящихся на расстоянии 4 м друг от друга? Заряд каждого шарика $8 \cdot 10^{-8}$ Кл.

$$9 \cdot 10^{-7} \text{ Н} \quad F = k \frac{q^2}{r^2}$$

Ответ: 0,9 мкН.

Структура КИМ ЕГЭ по физике в 2025 г. осталась без изменений. Расширен спектр проверяемых элементов содержания в заданиях линий 2, 4, 8, 16, 21, 22 и 26.

•задание 2:

задачи на второй закон Ньютона, силу упругости, силу трения + **закон Всемирного тяготения**

•задание 4:

задачи на момент силы, силу Архимеда, период и частоту колебаний маятников, скорость распространения и длину волны + **ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ**

•задание 8:

работа в термодинамике, первый закон термодинамики, адиабата, принципы действия тепловых машин. КПД.

+ **количество теплоты, парообразование, плавление и сгорание топлива**

•задание 16:

задачи на планетарную модель атома, нуклонную модель ядра, изотопы, ядерные реакции

+ **закон радиоактивного распада**

•задание 21:

качественные задачи на МКТ и термодинамику, электродинамику + **механика**

•задание 22:

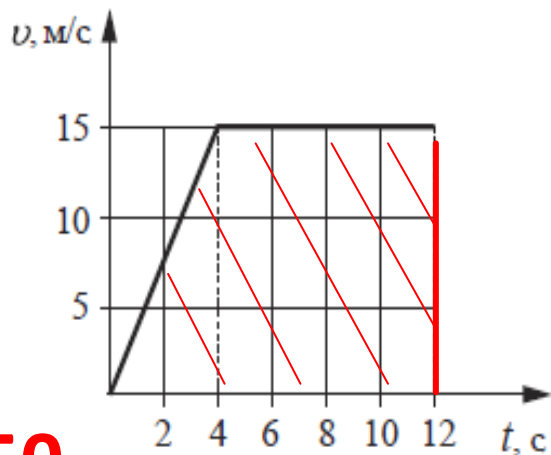
задачи на механику + **МКТ и термодинамику**

•задание 26:

задачи на законы Ньютона и на законы сохранения в механике + **статика**

Демовариант КИМ 2025.

1 На рисунке представлен график зависимости модуля скорости v тела от времени t . Найдите путь, пройденный телом за время от 0 до 12 с.



Ответ: **150** м.

2 При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения $\vec{F}_{\text{тр}}$ от модуля нормальной составляющей силы реакции опоры \vec{N} были получены следующие данные.

$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	0,8	1,6	2,4	3,2
$N, \text{Н}$	2,0	4,0	6,0	8,0

Определите по результатам исследования коэффициент трения скольжения.

Ответ: **0,4**. $F_{\text{тр}} = \mu N$

4 Медный кубик, подвешенный на нити, полностью погружён в воду и не касается дна сосуда. Ребро кубика равно 3 см. Определите силу Архимеда, действующую на кубик.

Ответ: **0,27** Н.

3 Тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой в одном направлении. При этом равнодействующая всех сил, действующих на тело, постоянна и равна по модулю 8 Н. Каков модуль изменения импульса тела за 4 с?

Ответ: **32** кг·м/с.

$$p - p_0 = Ft$$

$$\begin{aligned}
 F_{\text{арх}} &= \rho g a^3 \\
 &= 10^3 \cdot 10 \cdot 27 \\
 &\quad \cdot 10^{-6}
 \end{aligned}$$

Демовариант КИМ 2025.

5

Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединён пружиной со стенкой. Груз немного смещают от положения равновесия вдоль оси пружины и отпускают из состояния покоя, после чего он начинает колебаться, двигаясь вдоль оси пружины, вдоль которой направлена ось Ox . В таблице приведены значения координаты груза x в различные моменты времени t .

Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице.

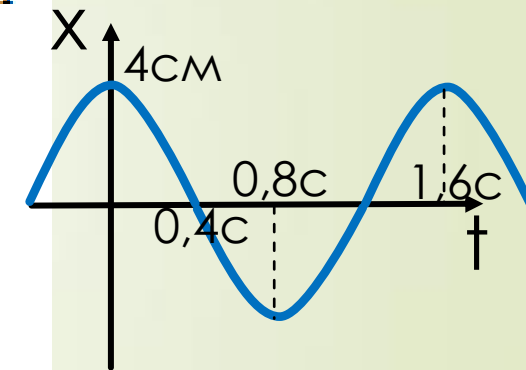
$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$x, \text{ см}$	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0	2,8	4,0

- 1) В момент времени 0,8 с модуль ускорения груза минимален.
- 2) Период колебаний груза равен 1,6 с.
- 3) Частота колебаний груза равна 0,25 Гц.
- 4) В момент времени 0,4 с кинетическая энергия груза максимальна.
- 5) Модули сил, с которыми пружина действует на груз, в момент времени 0,2 с и в момент времени 0,8 с равны.

Ответ: **24** .

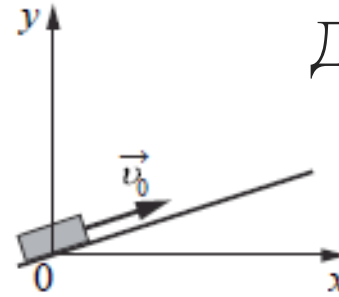
$$x_{\max}; a_{\max}; F_{\max}; v = 0; E_{\text{кин}} = 0$$

$$a = 0; x = 0; F = 0; v_{\max}; E_{\text{кин}} \max$$



6

После удара в момент времени $t=0$ шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью \vec{v}_0 , как показано на рисунке. В момент времени t_0 шайба вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.

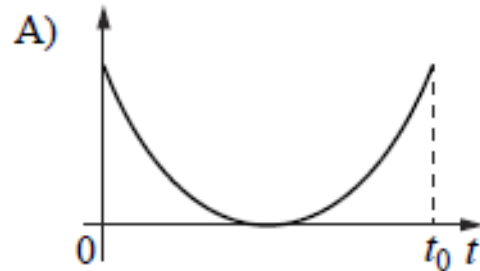


Демовариант КИМ 2025.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости v_x
- 2) проекция ускорения $a_y = const < 0$
- 3) кинетическая энергия E_k
- 4) полная механическая энергия $E_{мех} = const > 0$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$E_k = \frac{m(v_x^2 + v_y^2)}{2}$$

Ответ:

А	Б
3	2

Демовариант КИМ 2025.

7

В сосуде содержится разреженный аргон, абсолютная температура которого равна 150 К. Концентрацию аргона уменьшили в 2 раза, при этом его давление увеличилось в 3 раза. Определите абсолютную температуру газа в конечном равновесном состоянии.

Ответ: 900 К.

$$p = nk150$$

$$3p = \frac{n}{2}kT$$

8

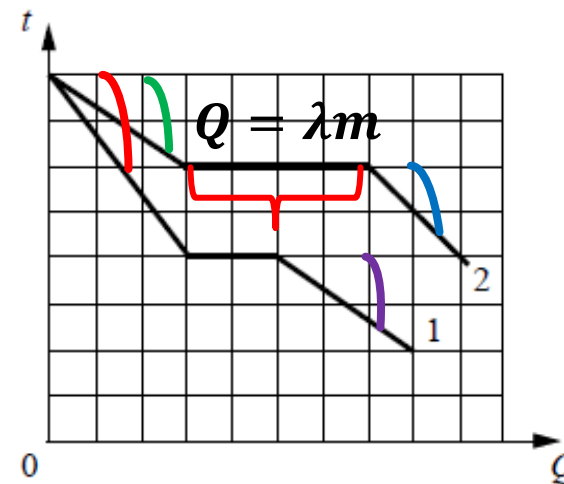
Газ в сосуде сжали, совершив работу, равную 500 Дж. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на 350 Дж. Какое количество теплоты отдал газ окружающей среде?

Ответ: 150 Дж.

$$Q = \Delta U + A = A$$

9

На рисунке представлены графики зависимости температуры t двух тел одинаковой массы от отданного ими при остывании количества теплоты Q . Первоначально тела находились в жидком агрегатном состоянии.



$$Q = cm\Delta t$$

$$tg\alpha = \frac{\Delta t}{Q} = \frac{1}{cm}$$

Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня все верные утверждения.

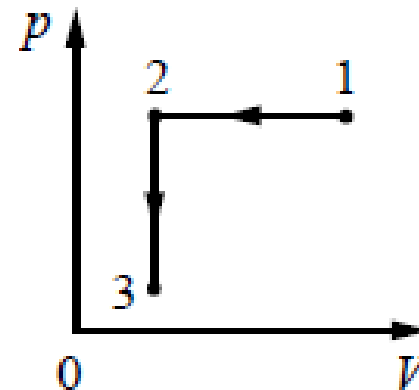
- 1) Удельная теплота плавления второго тела в 2 раза меньше удельной теплоты плавления первого тела.
- 2) Температура плавления второго тела в 1,5 раза выше, чем температура плавления первого тела.
- 3) В твердом агрегатном состоянии удельная теплоемкость второго тела больше, чем первого.
- 4) Удельная теплоемкость первого тела в твердом агрегатном состоянии равна удельной теплоемкости второго тела в жидком агрегатном состоянии.
- 5) В жидком агрегатном состоянии удельная теплоемкость второго тела в 1,5 раза больше, чем первого.

Ответ: 2 4

Демовариант КИМ 2025.

10

Один моль идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа. Как изменяются абсолютная температура газа T в ходе процесса 1–2 и концентрация молекул газа n в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.



$$pV = \nu RT$$

$$n = \frac{N}{V}$$

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

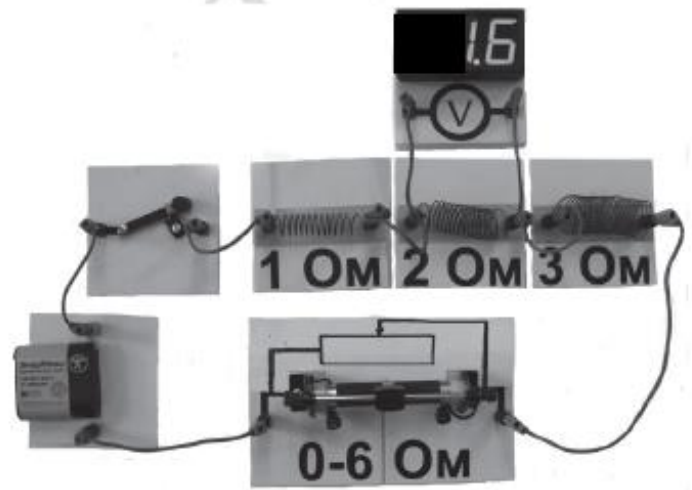
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Абсолютная температура газа в ходе процесса 1–2	Концентрация молекул газа в ходе процесса 2–3
2	3

11 На фотографии изображена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах.

$$\frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$$



Какое напряжение будет показывать вольтметр, если его подсоединить к резистору сопротивлением 3 Ом? Вольтметр считать идеальным.

Ответ: 2,4 В.

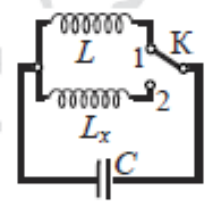
12 Две частицы с зарядами $q_1 = q$ и $q_2 = 2q$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями $v_1 = v$ и $v_2 = 2v$ соответственно. Определите отношение модулей сил $\frac{F_1}{F_2}$, действующих на них со стороны магнитного поля.

Ответ: 0,25

$$F_1 = qvB$$

$$F_2 = 2q2vB$$

13 При переводе ключа К из положения 1 в положение 2 (см. рисунок) период собственных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре увеличился в 1,5 раза. Во сколько раз индуктивность L_x катушки в колебательном контуре больше L ?



Ответ: в 2,25 раз(а).

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad 1,5T = 2\pi\sqrt{L_x C}$$

14 Две маленькие бусинки, закреплённые в точках A и B, несут на себе заряды $-3q$ и $+1,5q > 0$ соответственно (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этой ситуации.

- 1) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут равными.
- 2) Если бусинки соединить тонкой медной проволокой, то они будут притягивать друг друга.
- 3) Модуль силы Кулона, действующей на бусинку B, равен модулю силы Кулона, действующей на бусинку A.
- 4) На бусинку A со стороны бусинки B действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.
- 5) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке C направлена горизонтально вправо.

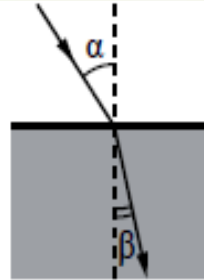
Ответ: 34

$$\alpha > \beta \Rightarrow n_1 < n_2$$

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

Демовариант КИМ 2025.

15 Световой пучок переходит из воздуха в бензин (см. рисунок). Что происходит при этом с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и скоростью её распространения?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

$$\uparrow n = \frac{c}{\downarrow v}$$

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота	Скорость
3	2

17

Во время лабораторной работы ученики изучают зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов, вылетающих с фотокатода, от частоты падающего света. В опытах наблюдается явление фотоэффекта. Частоту падающего света немного увеличивают. Как при этом изменяются энергия фотонов падающего света и работа выхода электронов из материала фотокатода?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

$$E_{\phi} = h\nu$$

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Энергия фотонов падающего света	Работа выхода электронов
1	3

18

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Период гармонических колебаний колебательной системы обратно пропорционален частоте её колебаний.
- 2) Внутренняя энергия постоянной массы идеального газа увеличивается при понижении абсолютной температуры газа.
- 3) Изначально незаряженные тела в процессе электризации трением приобретают равные по модулю и одинаковые по знаку заряды.
- 4) Индукционный ток возникает в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур.
- 5) В планетарной модели атома число протонов в ядре равно числу электронов в электронной оболочке нейтрального атома.

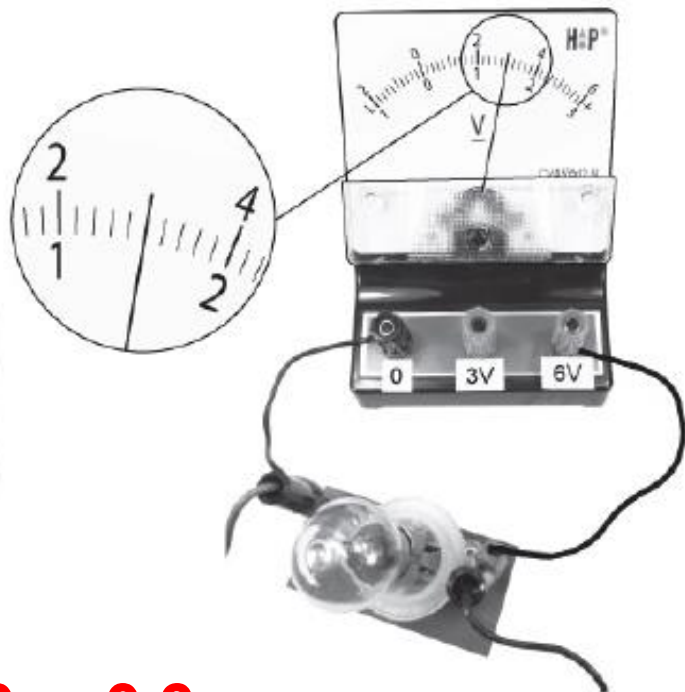
Ответ: **145**

16 Сколько электронов содержится в электронной оболочке нейтрального атома изотопа тория ${}_{90}^{234}\text{Th}$?

Ответ: **90**

Демовариант КИМ 2025.

19 Запишите показания вольтметра с учётом абсолютной погрешности измерений. Абсолютная погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



Ответ: (**3,0** ± **0,2**) В.

3,00,2

20 Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в сосуде, от массы газа. У него имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены аргоном разной массы при различных температурах (см. таблицу). Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести исследование?

№ сосуда	Объём сосуда, л	Температура газа в сосуде, К	Масса газа в сосуде, г
1	6	320	10
2	4	350	6
3	6	320	8
4	4	340	6
5	5	300	10

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

Ответ: **1 3**

*масса разная,
все остальное
одинаково*

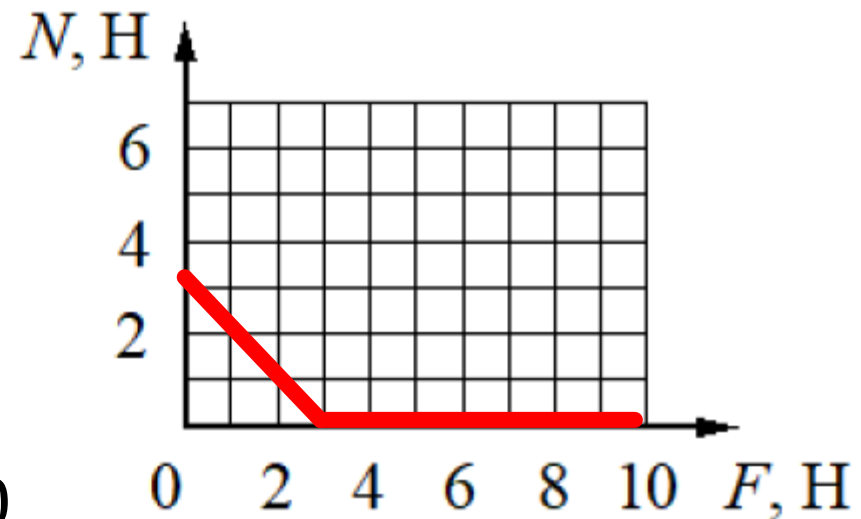
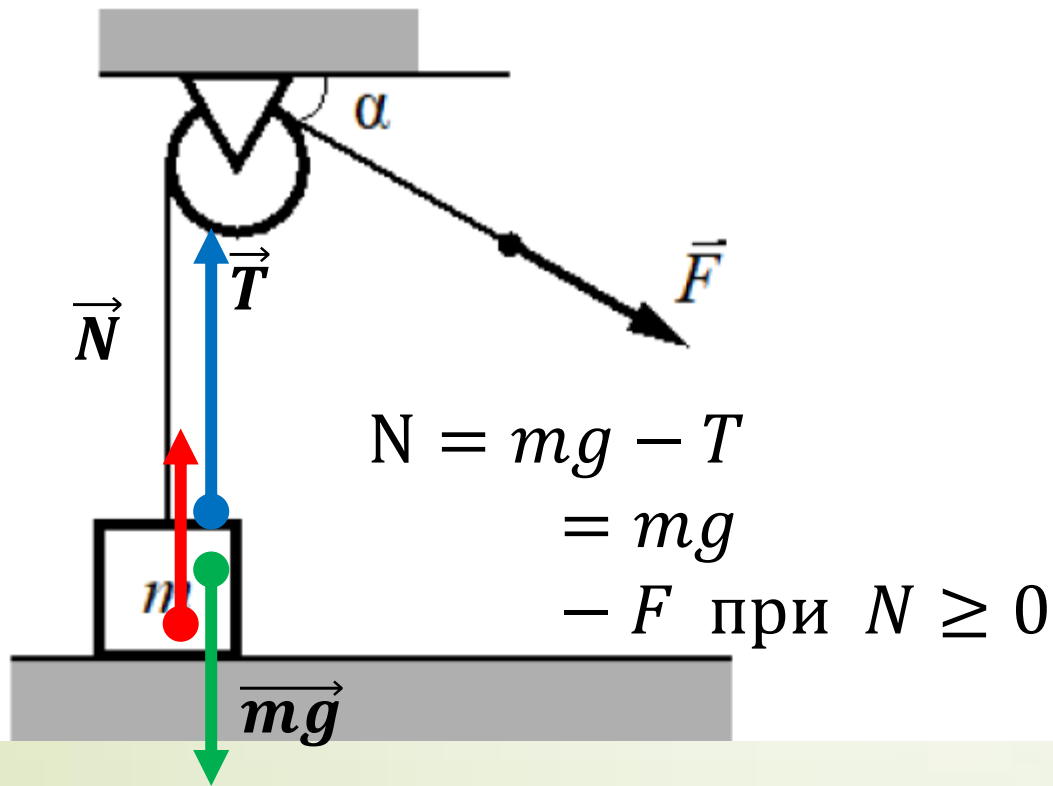
Качественная задача № 21

Обобщенная схема оценивания строится на основании трех элементов решения:

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

Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,3$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила \vec{F} . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



Возможное решение

1. Если сила \vec{F} достаточно мала, груз покоится относительно стола (эту систему отсчёта будем считать инерциальной). На груз при этом действуют сила тяжести $m\vec{g}$, сила реакции со стороны стола \vec{N} и сила натяжения нити \vec{T} , показанные на рис. 1.

Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях на ось y введённой системы отсчёта: $N + T - mg = 0$.

Поскольку нить лёгкая, а блок идеальный, модуль силы натяжения нити во всех точках одинаков, поэтому $T = F$.

Отсюда получаем: $N = mg - F \geq 0$ при $F \leq mg = 3$ Н.

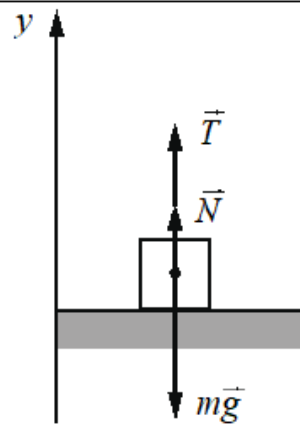


Рис. 1

2. При $F > mg = 3$ Н груз отрывается от стола и движется вдоль оси y с ускорением. На груз при этом действуют только сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити \vec{T}' , показанные на рис. 2, а модуль силы реакции стола $N = 0$.

Таким образом: а) при $F \leq mg = 3$ Н $N = mg - F$;

б) при $F > mg = 3$ Н $N = 0$.

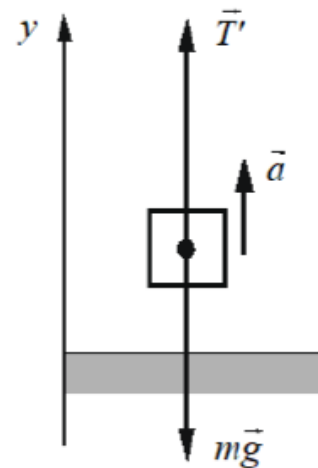
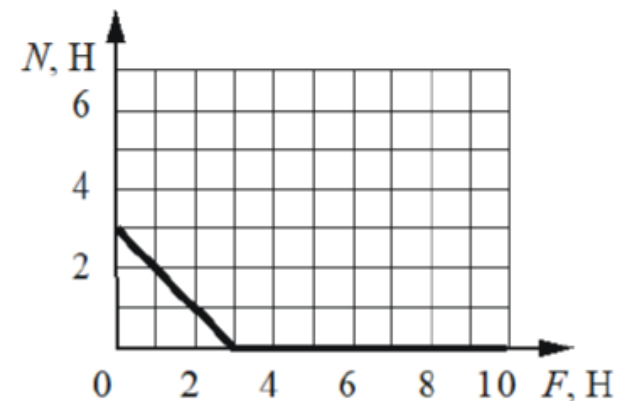


Рис. 2

3. График этой зависимости представляет собой ломаную линию



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.

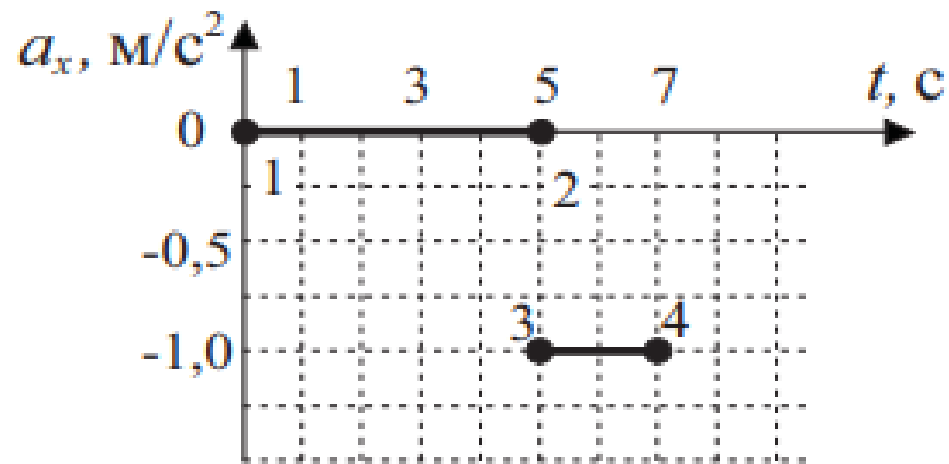


Рис. 1

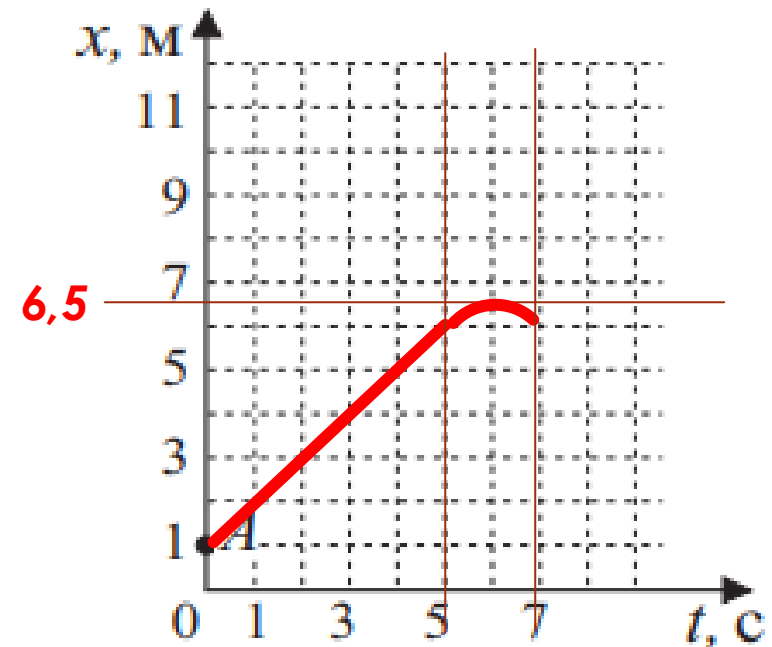
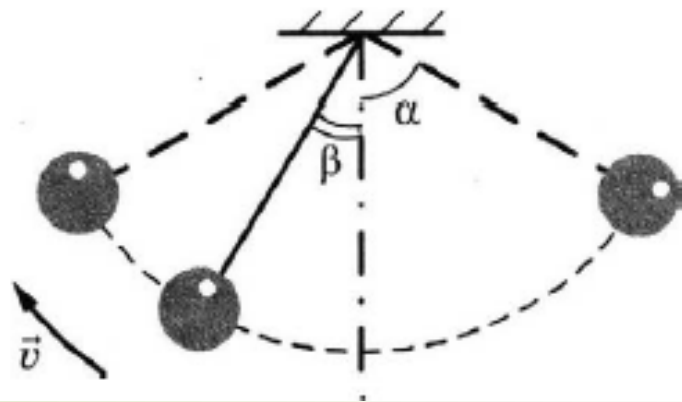
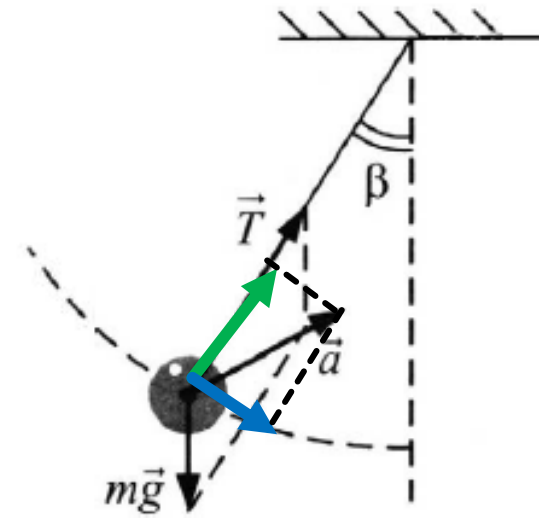


Рис. 2

Маленький шарик, подвешенный к потолку на лёгкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол $\alpha = 60^\circ$. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево-вверх, а нить образует угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью (см. рис.). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



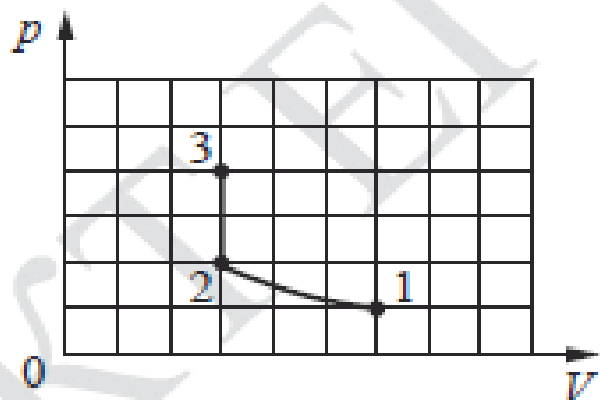
К шарiku приложены сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и сила натяжения нити \vec{T} , направленная по нити вверх. Ускорение шарика \vec{a} направлено внутрь траектории правее направления силы \vec{T} (см. рис.).



В промежуточной точке скорость шарика $\vec{v} \neq 0$, поэтому у шарика есть центростремительное ускорение $\vec{a}_{ц} \neq 0$, направленное к центру окружности, по которой движется шарик. Проекция ускорения шарика на касательную к окружности равна по модулю $g \sin \beta$. Поэтому у шарика есть касательная составляющая ускорения $\vec{a}_\tau \neq 0$, направленная в сторону положения равновесия. Ускорение шарика $\vec{a} = \vec{a}_{ц} + \vec{a}_\tau$ направлено внутрь траектории правее направления силы \vec{T} .

Возможное решение

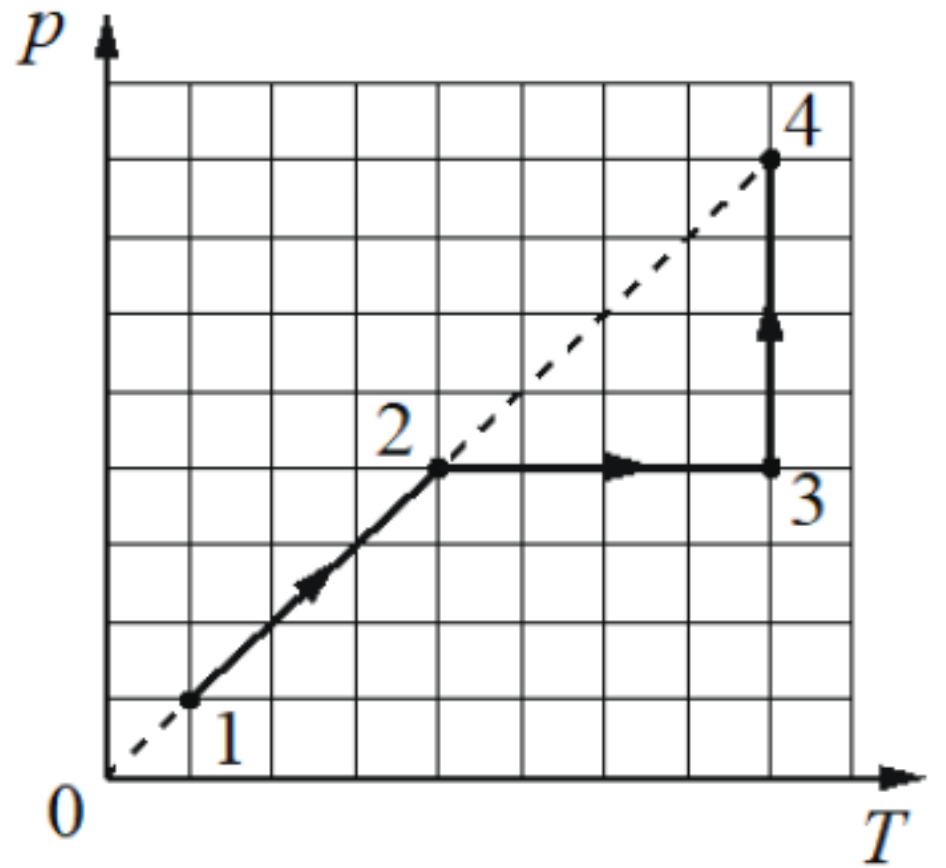
1. График процесса в координатах p – V имеет следующий вид.



2. Концентрация газа обратно пропорциональна его объёму: $n = \frac{N}{V}$, где N – число молекул газа. На участке 1–2 давление прямо пропорционально концентрации газа ($\frac{p}{n} = \text{const}$), а так как $p = nkT$, то $T = \text{const}$, то есть процесс изотермический. В этом случае при $N = \text{const}$ выполняется закон Бойля – Мариотта: $pV = \text{const}$. Так как концентрация увеличивается в 2 раза, то объём газа в 2 раза уменьшается, а давление в 2 раза увеличивается. В координатах p – V график является гиперболой.

3. На участке 2–3 концентрация постоянна, значит, при $N = \text{const}$ объём газа не меняется, процесс является изохорным нагреванием, в котором давление увеличивается в 2 раза (см. рисунок в условии). В координатах p – V график представляет отрезок вертикальной прямой

На pT -диаграмме показано, как изменялись давление и абсолютная температура некоторого постоянного количества одноатомного разреженного газа при его переходе из начального состояния 1 в состояние 4. Как при этом изменялись объём газа V и его внутренняя энергия U на каждом из трёх участков 1–2, 2–3, 3–4 (увеличивались, уменьшались или же оставались постоянными)? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



Возможное решение

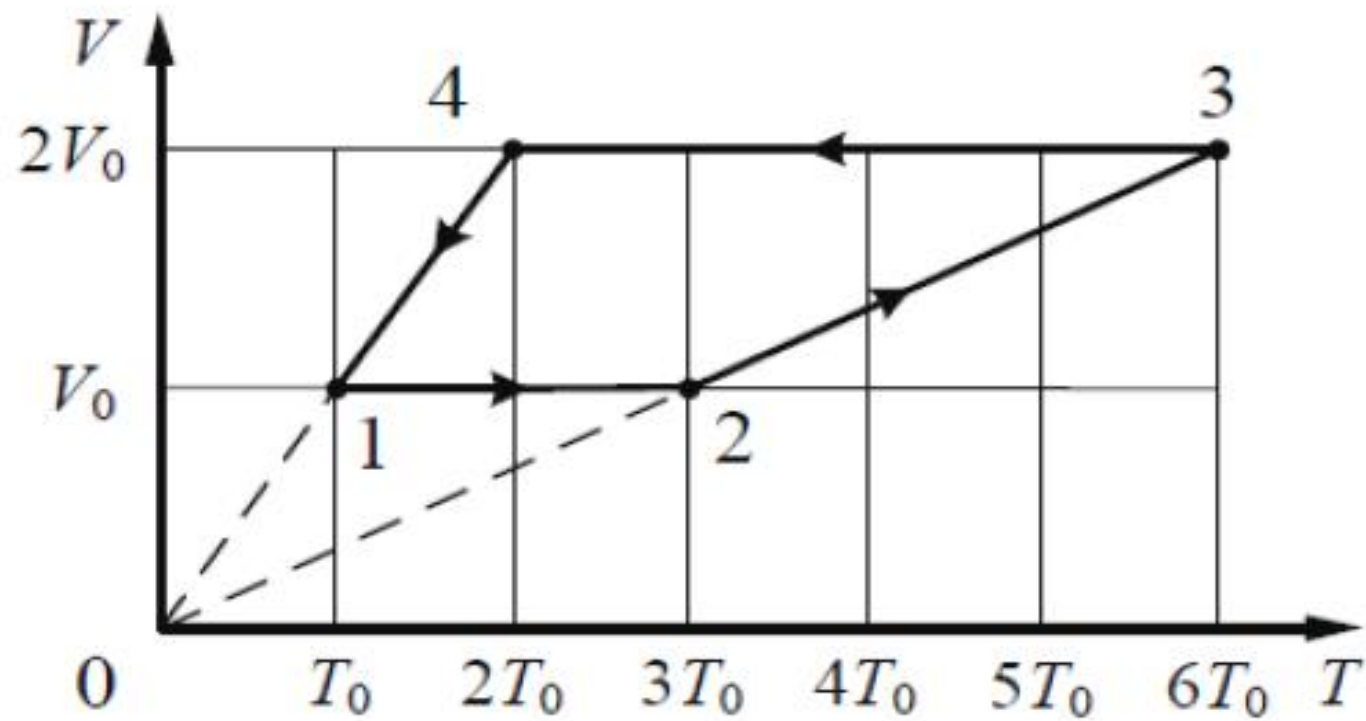
1. Объём газа на участке 1–2 не изменялся, на участке 2–3 увеличивался, на участке 3–4 уменьшался. Внутренняя энергия газа на участках 1–2 и 2–3 увеличивалась, на участке 3–4 не изменялась.

2. Из уравнения Клапейрона – Менделеева $pV = \nu RT$ следует, что на участке 1–2 процесс является изохорным, поскольку график процесса 1–2 лежит на прямой, проходящей через начало координат ($\frac{p}{T} = \text{const}$, $\nu = \text{const}$);

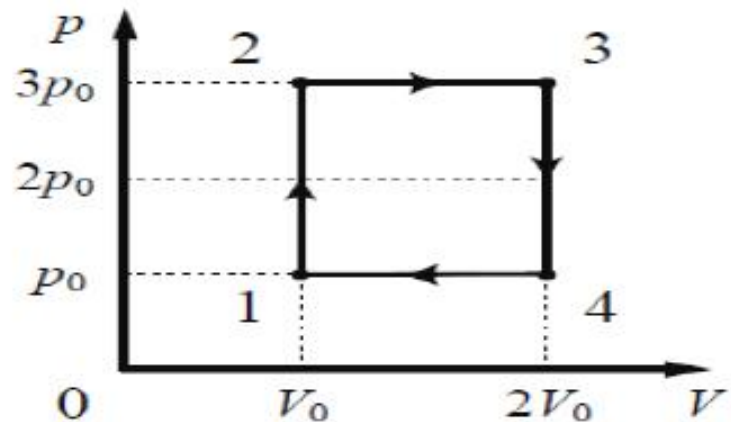
следовательно, объём газа остаётся постоянным. На участке 2–3 процесс является изобарным, $p = \text{const}$, $\nu = \text{const}$. Так как абсолютная температура газа увеличивается, значит, и объём газа увеличивается. На участке 3–4 процесс является изотермическим ($T = \text{const}$, $\nu = \text{const}$). Давление газа увеличивается, значит, объём газа уменьшается.

3. При этом внутренняя энергия газа $U = \frac{3}{2}\nu RT$ при $\nu = \text{const}$ на участках 1–2 и 2–3 увеличивалась, так как абсолютная температура газа увеличивалась, а на участке 3–4 не изменялась (абсолютная температура на этом участке

1 моль разреженного 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. Постройте график цикла в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1.



$$1. \frac{A_{23}}{|A_{41}|} = 3.$$



2. Перестроим график цикла в координатах p - V .

Процесс 1–2 является изохорным, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 3 раза, а значит, согласно закону Шарля $\left(\frac{p}{T} = \text{const}\right)$ и давление газа увеличилось в 3 раза.

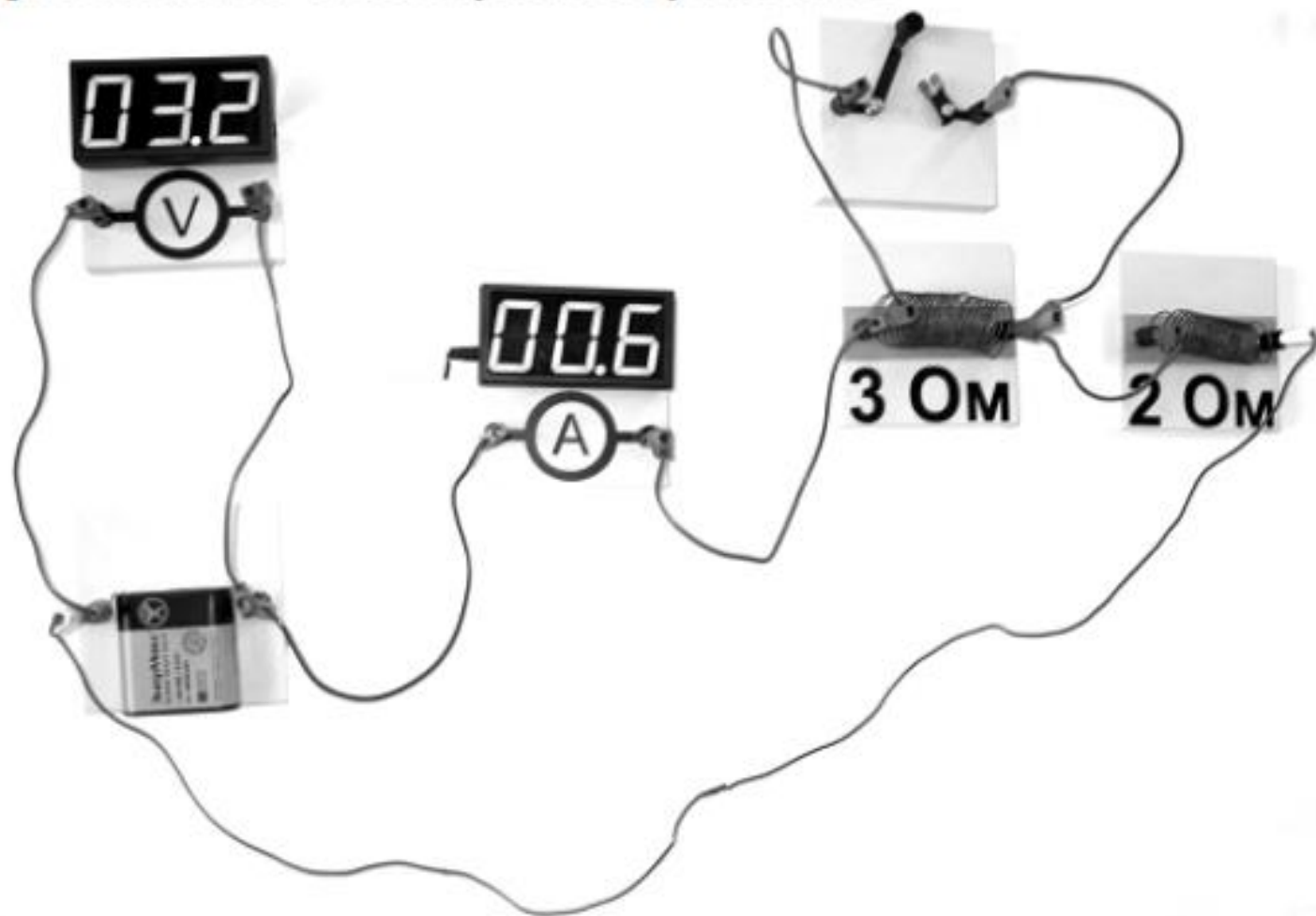
Процесс 2–3 является изобарным, поскольку его график в координатах V - T проходит через начало координат $\left(\frac{V}{T} = \text{const}\right)$. В этом процессе и объём, и абсолютная температура газа увеличились в 2 раза.

В процессе 3–4 газ изохорно уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 3 раза, а в процессе 4–1 изобарно вернулся в исходное состояние (см. рисунок).

3. Из графика видно, что работа газа в процессе 2–3 $A_{23} = 3p_0(2V_0 - V_0) = 3p_0V_0$, а модуль работы внешних сил в процессе 4–1 $|A_{41}| = p_0(2V_0 - V_0) = p_0V_0$.

Таким образом, искомое отношение $\frac{A_{23}}{|A_{41}|} = 3$.

На фотографии изображена электрическая цепь. Начертите принципиальную схему этой электрической цепи. Опираясь на законы постоянного тока, объясните, как должны измениться (уменьшиться, увеличиться или остаться прежними) показания идеальных амперметра и вольтметра при замыкании ключа. Сопротивлением подводящих проводов и ключа пренебречь. Явление самоиндукции не учитывать.



Статистика

выполнения:

0 баллов – 40%

1 балл – 45%

2 балла – 6%

3 балла – 9%

Возможное решение

1. Электрическая схема цепи, учитывающая внутреннее сопротивление батареи, изображена на рисунке, где I – сила тока в цепи.

2. Сила электрического тока в цепи определяется законом Ома для полной

$$\text{цепи: } I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}, \quad (1)$$

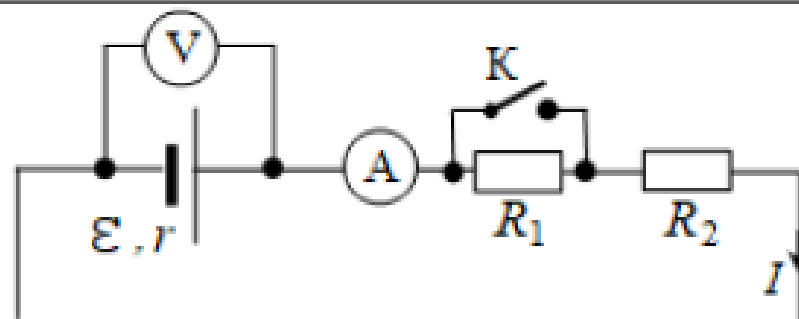
где \mathcal{E} – ЭДС гальванической батареи, r – её внутреннее сопротивление, R – сопротивление внешней цепи. Отсюда в соответствии с законом Ома для участка цепи: $IR = U$ и $U = \mathcal{E} - Ir$. (2)

3. При замыкании ключа K резистор R_1 закорачивается, и сопротивление внешней цепи уменьшается: было $R = R_1 + R_2$, стало $R = R_2$

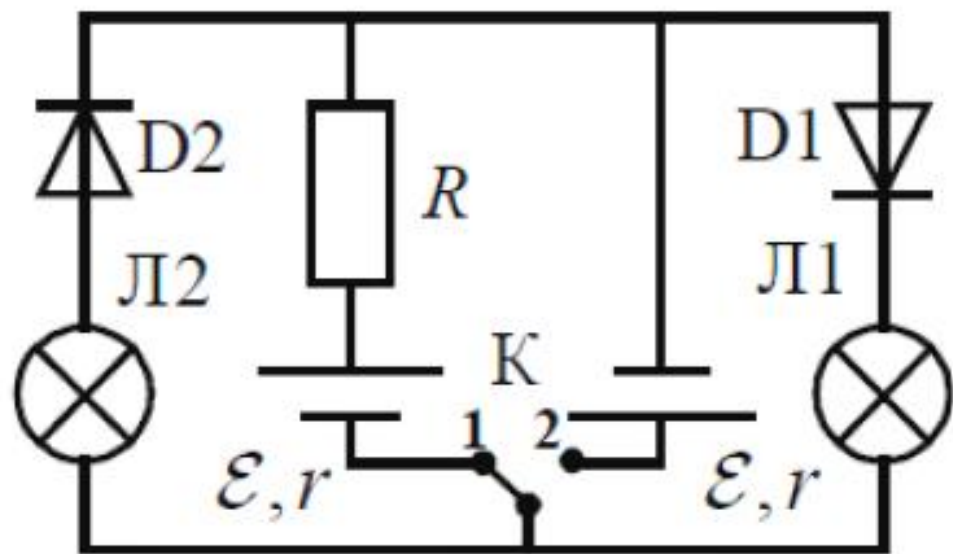
В соответствии с формулой (1) сила тока и показания амперметра увеличиваются.

Из формулы (2) следует, что напряжение при этом уменьшается.

Ответ: показания амперметра увеличатся, а вольтметра – уменьшатся



На рисунке изображена схема электрической цепи, состоящей из двух одинаковых источников ЭДС, ключа K , одинаковых ламп $L1$ и $L2$, резистора R и двух одинаковых идеальных диодов $D1$ и $D2$. Опираясь на законы электродинамики, объясните, какие изменения произойдут в работе этой цепи, если перевести ключ K из положения 1 в положение 2. Сравните накал ламп в этих двух случаях.



Возможное решение

1. При переключении ключа из положения 1 в положение 2 лампа Л1 потухнет, а лампа Л2 загорится, причём лампа Л2 будет гореть ярче, чем перед этим горела лампа Л1.

2. Когда ключ находится в положении 1, цепь подключена к левому источнику ЭДС. Ветвь цепи, в которой находится правый источник ЭДС, разомкнута. Полярность подключения левого источника такова, что диод D2 оказывается включённым в цепь в обратном направлении, обладает бесконечно большим сопротивлением и не пропускает электрический ток. Значит, в левой ветви ток не протекает, и лампа Л2 не горит. С другой стороны, диод D1 в правой ветви включён в прямом направлении, обладает практически нулевым сопротивлением и пропускает электрический ток. Поэтому в правой ветви протекает электрический ток, и лампа Л1 горит.

3. Когда ключ переводят в положение 2, цепь подключается к правому источнику ЭДС, а ветвь цепи, в которой находится левый источник ЭДС, становится разомкнутой. Полярность подключения правого источника такова, что теперь диод D1 оказывается включённым в цепь в обратном направлении, а диод D2 – в прямом направлении. Поэтому в левой ветви начнёт протекать электрический ток, и лампа Л2 загорится, а в правой ветви электрический ток протекать перестанет, и лампа Л1 потухнет.

4. Следует также отметить, что в первом случае последовательно к лампе Л1 будет включён резистор R , а значит, согласно закону Ома для полной цепи

$\left(I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{л}} + R + r} \right)$ сила тока в цепи будет меньше, чем во втором случае

$\left(I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{л}} + r} \right)$. Значит, согласно формуле $N = I^2 R_{\text{л}}$ мощность, потребляемая

лампой Л2 во втором случае, будет больше, чем мощность, потребляемая лампой Л1 в первом случае, и лампа Л2 будет гореть ярче

Расчетные задачи №№ 22,23

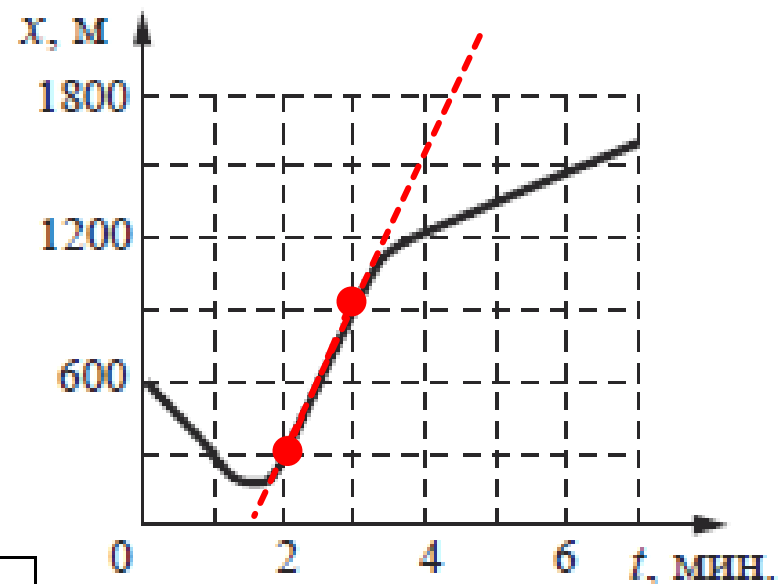
Обобщенная схема оценивания строится на основании четырех элементов решения:

- ***Исходные формулы и законы (кодификатор);***
- ***Обозначения физических величин (рисунок);***
- ***Математические преобразования и расчеты;***
- ***Правильный числовой ответ, размерность.***

Демовариант КИМ 2025.

22

Автомобиль массой 1750 кг движется по прямолинейному участку дороги вдоль оси Ox . Координата автомобиля изменяется с течением времени согласно графику, приведённому на рисунке. Определите максимальную кинетическую энергию автомобиля на этом участке дороги.



Возможное решение

1. Скорость тела определяется изменением его координаты с течением времени. Анализируя график зависимости координаты автомобиля от времени $x(t)$, видим, что в промежутке от 2 до 3 мин. его координата изменяется линейно и быстрее всего. Следовательно, в этот промежуток времени автомобиль движется равномерно с максимальной скоростью. Определим максимальную скорость автомобиля:

$$v_{\max} = \frac{x(3) - x(2)}{\Delta t} = \frac{900 - 300}{60} = 10 \text{ м/с.}$$

2. Таким образом, максимальная кинетическая энергия автомобиля

$$E_{\text{Кmax}} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{1750 \cdot 10^2}{2} = 87,5 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 87,5 \text{ кДж.}$$

Ответ: $E_{\text{Кmax}} = 87,5 \text{ кДж}$

В кастрюле находится 0,5 кг воды при температуре 10 °С. Сколько потребуется времени, чтобы при помощи кипятильника с постоянной потребляемой мощностью 400 Вт превратить в пар 15 % воды из кастрюли? Потерями тепла и теплоёмкостью кастрюли пренебречь.

$$c = \frac{Q}{m\Delta t} = \frac{P\tau}{m\Delta t}$$

Возможное решение

Поскольку теплоёмкостью кастрюли и потерями тепла можно пренебречь, в соответствии с уравнением теплового баланса количество теплоты $Q = Q_1 + Q_2$, переданное кипятильником, расходуется на нагревание воды и её частичное парообразование.

$Q_1 = cm(t_{\text{к}} - t)$ – количество теплоты, необходимое для нагревания воды до температуры кипения, где c – удельная теплоёмкость воды, m , t и $t_{\text{к}}$ – её масса, начальная температура и температура кипения соответственно.

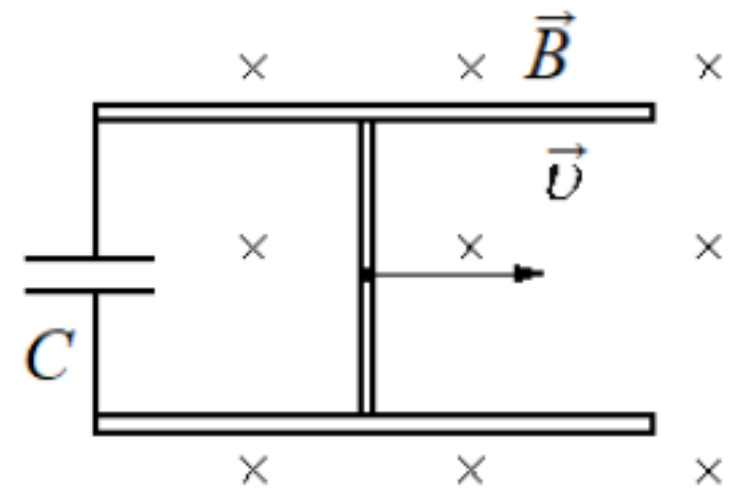
$Q_2 = n \cdot m \cdot r$ – количество теплоты, необходимое для частичного парообразования воды, где r – удельная теплота парообразования воды, n – часть выкипевшей воды.

Согласно определению работа электрического тока A равна произведению потребляемой мощности N на время работы T . По условию задачи $A = Q$. Поэтому $NT = A = Q = m(c(t_{\text{к}} - t) + nr)$. В итоге получим:

$$T = \frac{m(c(t_{\text{к}} - t) + nr)}{N} = \frac{0,5 \cdot (4200 \cdot (100 - 10) + 0,15 \cdot 2,3 \cdot 10^6)}{400} =$$
$$= 903,75 \text{ с} \approx 15 \text{ мин.}$$

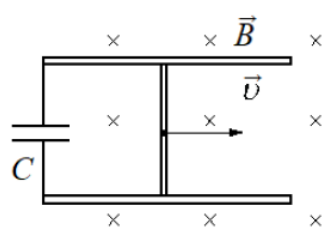
Ответ: $T \approx 15$ мин.

По двум горизонтально расположенным параллельным проводящим рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением, замкнутым на конденсатор электроёмкостью $C = 100$ мкФ, поступательно и равномерно скользит проводящий стержень. Расстояние между рельсами $l = 1$ м. Рельсы со стержнем находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл (см. рисунок, вид сверху). Энергия электрического поля конденсатора через достаточно большой промежуток времени от начала движения $W = 50$ мкДж. Какова скорость движения стержня? Рельсы закреплены на диэлектрической подложке.



Демовариант КИМ 2025.

По двум горизонтально расположенным параллельным проводящим рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением, замкнутым на конденсатор электроёмкостью $C = 100 \text{ мкФ}$, поступательно и равномерно скользит проводящий стержень. Расстояние между рельсами $l = 1 \text{ м}$. Рельсы со стержнем находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$ (см. рисунок, вид сверху). Энергия электрического поля конденсатора через достаточно большой промежуток времени от начала движения $W = 50 \text{ мкДж}$. Какова скорость движения стержня? Рельсы закреплены на диэлектрической подложке.



Возможное решение

1. Модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре при движении стержня:

$$|\mathcal{E}| = Bvl,$$

где B – модуль вектора магнитной индукции, v – скорость движения стержня, l – длина стержня.

2. Так как напряжение на конденсаторе U_c равно модулю ЭДС индукции, то энергия электрического поля конденсатора определяется по формуле:

$$W = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{CB^2v^2l^2}{2}.$$

В итоге, скорость стержня равна:

$$v = \sqrt{\frac{2W}{CB^2l^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 50 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-6} \cdot 1^2 \cdot 1^2}} = 1 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v = 1 \text{ м/с}$

Положительно заряженная частица массой $m = 1,6 \cdot 10^{-25}$ кг и зарядом $q = 8 \cdot 10^{-19}$ Кл движется по окружности перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Модуль магнитной индукции $B = 0,5$ Тл. Найдите угловую скорость обращения частицы. Релятивистскими эффектами пренебречь.

$$qvB = ma_{ц};$$

$$q \frac{\omega}{R} B = m\omega^2 R;$$

$$\omega = \frac{qB}{m}$$

Возможное решение

1. По второму закону Ньютона сила Лоренца определяет центростремительное ускорение частицы при её движении в магнитном поле:

$$F_n = ma_{ц}, F_n = qBv, a_{ц} = \omega^2 R, \quad (1)$$

где F_n – сила Лоренца, $a_{ц}$ – центростремительное ускорение, v – линейная скорость частицы.

2. Линейная и угловые скорости частицы связаны соотношением

$$v = \omega R. \quad (2)$$

Объединив формулы (1) и (2), получим:

$$\omega = \frac{qB}{m} = \frac{8 \cdot 10^{-19} \cdot 0,5}{1,6 \cdot 10^{-25}} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ рад/с.}$$

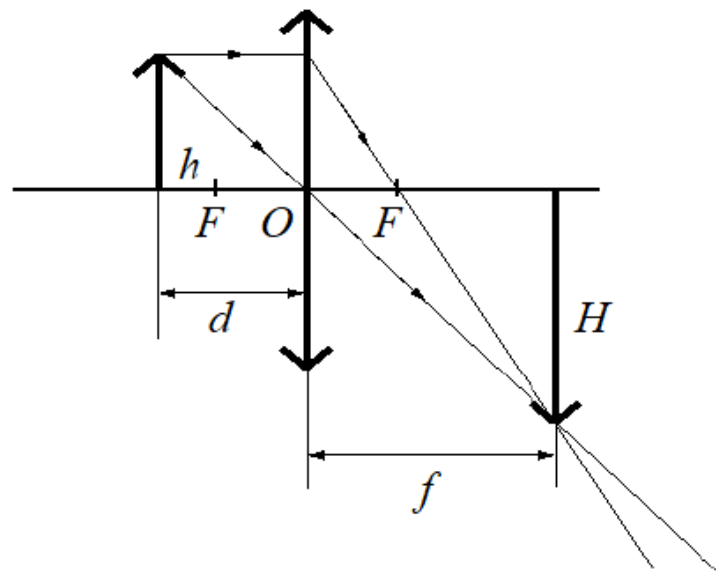
Ответ: $\omega = 2,5 \cdot 10^6$ рад/с.

Для экспертов: ответ $\omega = 2,5 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$ также считать верным

Тонкая линза, оптическая сила которой равна 4 дптр, даёт действительное, увеличенное в 5 раз изображение предмета. На каком расстоянии от линзы находится предмет? Постройте изображение предмета в линзе.

Возможное решение

Построим изображение предмета в линзе, используя свойства луча, проходящего через главный оптический центр линзы, и луча, параллельного главной оптической оси.



По формуле тонкой линзы $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

Увеличение линзы $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$. Следовательно, $f = \Gamma d$.

Найдём расстояние от предмета до линзы: $D = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma d} \Rightarrow d = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma D} = \frac{5 + 1}{5 \cdot 4} = 0,3$ м.

Ответ: $d = 30$ см

На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 см, падает по нормали параллельный пучок белого света. Между решёткой и экраном вплотную к решётке расположена линза, которая фокусирует свет, проходящий через решётку, на экране. Чему равно расстояние от линзы до экрана, если ширина спектра второго порядка на экране равна 8 см? Длины красной и фиолетовой световых волн соответственно равны $8 \cdot 10^{-7}$ м и $4 \cdot 10^{-7}$ м. Считать угол φ отклонения лучей решёткой малым, так что $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$.

$$d \frac{x}{l} = k \lambda$$

$$d \sin \alpha = k \lambda$$

Возможное решение

Период дифракционной решётки $d = \frac{l}{N} = \frac{10^{-2}}{500} = 2 \cdot 10^{-5}$ м.

В соответствии с формулой для дифракционной решётки $d \sin \varphi = k \lambda$ максимум данного порядка в спектре будет наблюдаться под углом к направлению падающего света, который определяется по формуле $\sin \varphi = \frac{k \lambda}{d}$.

Так как по условию $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi$, то $\frac{x}{L} = \frac{k \lambda}{d}$, где x – расстояние от центра экрана до максимума данного порядка, L – расстояние от линзы до экрана.

Следовательно, ширина спектра второго порядка $\Delta x = \frac{kL}{d} (\lambda_{\text{кр}} - \lambda_{\text{ф}})$.

Отсюда находим расстояние до экрана: $L = \frac{\Delta x \cdot d}{k(\lambda_{\text{кр}} - \lambda_{\text{ф}})} = \frac{0,08 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-7}} = 2$ м.

Ответ: $L = 2$ м

Расчетные задачи 24,25

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.**

Демовариант КИМ 2025.

24

Сосуд разделён тонкой перегородкой на две части, отношение объёмов которых $\frac{V_2}{V_1} = 3$. В первой и второй частях сосуда находится воздух с относительной влажностью $\varphi_1 = 60\%$ и $\varphi_2 = 70\%$ соответственно. Какой будет относительная влажность воздуха в сосуде, если перегородку убрать? Считать, что температура воздуха в частях сосуда одинакова и не меняется до и после снятия перегородки.

$$\varphi_1 p_n V_1 = \nu_1 RT$$

$$\varphi_2 p_n 3V_1 = \nu_2 RT$$

$$\varphi p_n 4V_1 = (\nu_1 + \nu_2) RT$$

$$\varphi p_n 4V_1 = \varphi_1 p_n V_1 + \varphi_2 p_n 3V_1$$

Возможное решение

1. После снятия перегородки суммарная масса паров воды остаётся прежней:

$$\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 = \rho (V_1 + V_2), \quad (1)$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотность паров воды в объёмах V_1 и V_2 соответственно до снятия перегородки, ρ – плотность паров воды после устранения перегородки. Поделим все части уравнения (1) на плотность насыщенных паров воды ρ_n при температуре воздуха в сосуде:

$$\frac{\rho_1}{\rho_n} V_1 + \frac{\rho_2}{\rho_n} V_2 = \frac{\rho}{\rho_n} (V_1 + V_2). \quad (2)$$

2. Согласно определению относительной влажности воздуха

$$\varphi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_n}, \quad \varphi_2 = \frac{\rho_2}{\rho_n}, \quad \varphi = \frac{\rho}{\rho_n},$$

так что вместо (2) имеем:

$$\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2 = \varphi (V_1 + V_2).$$

Отсюда:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 \frac{V_2}{V_1}}{1 + \frac{V_2}{V_1}} = \frac{0,6 + 0,7 \cdot 3}{1 + 3} = 0,675 = 67,5 \%$$

Ответ: $\varphi = 0,675 = 67,5 \%$

Влажный воздух находится в вертикальном гладком цилиндрическом сосуде под невесомым поршнем с площадью S . На поршень медленно насыпают песок. На стенках сосуда появляется роса, если масса песка становится равной m . Температура влажного воздуха в сосуде поддерживается постоянной. Снаружи сосуда давление воздуха равно нормальному атмосферному давлению p_0 . Определите первоначальную относительную влажность воздуха в сосуде.

$$\varphi = \frac{p_1}{p_{H1}};$$

$$\varphi p_H V_1 = \nu_{\text{пара}} RT;$$

$$p_H V_2 = \nu_{\text{пара}} RT;$$

$$p = p_0 + \frac{mg}{S}$$

$$p_0 V_1 = \nu_{\text{воздуха}} RT;$$

$$\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right) V_2 = \nu_{\text{воздуха}} RT;$$

$$\varphi p_H V_1 = p_H V_2$$

$$p_0 V_1 = \left(p_0 + \frac{mg}{S}\right) V_2$$

$$\varphi = \frac{p_0}{p_0 + \frac{mg}{S}};$$

Влажный воздух находится в вертикальном гладком цилиндрическом сосуде под невесомым поршнем с площадью S . На поршень медленно насыпают песок. На стенках сосуда появляется роса, если масса песка становится равной m . Температура влажного воздуха в сосуде поддерживается постоянной. Снаружи сосуда давление воздуха равно нормальному атмосферному давлению p_0 . Определите первоначальную относительную влажность воздуха в сосуде.

Возможное решение

1. Относительная влажность воздуха определяется отношением давления водяного пара p_1 к давлению насыщенных паров воды $p_{\text{нас}}$ при той же температуре:

$$\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{нас}}}.$$

2. В начальном состоянии давление в сосуде под невесомым поршнем равно атмосферному давлению p_0 .

3. Если масса поршня вместе с песком становится равна m , то давление в цилиндре под поршнем равно $p_0 + \frac{mg}{S}$, а относительная влажность воздуха – 100 %.

4. Температура влажного воздуха в процессе не меняется, следовательно, в соответствии с законом Бойля – Мариотта:

$$p_0 V_1 = \left(p_0 + \frac{mg}{S} \right) V_2 \text{ – для влажного воздуха;}$$

$$p_{\text{п}} V_1 = p_{\text{нас}} V_2 \text{ – для водяного пара.}$$

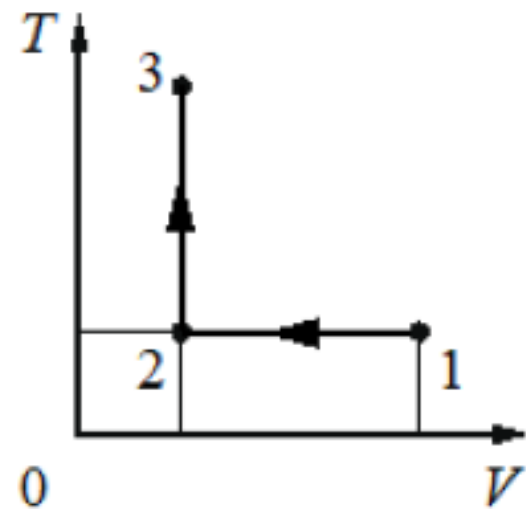
Здесь V_1 и V_2 – соответственно начальный и конечный объёмы сосуда.

Преобразуя записанные соотношения, получаем выражение для искомой относительной влажности воздуха:

$$\varphi = \frac{Sp_0}{mg + Sp_0}.$$

Ответ: $\varphi = \frac{Sp_0}{mg + Sp_0}$

Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль сначала изотермически сжали, а затем изохорно нагрели, повысив его давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты получил газ на участке 2–3, если температура газа в состоянии 1 $T_1 = 300$ К?



Возможное решение

1. Запишем первый закон термодинамики $Q = \Delta U + A$ для изохорного нагревания 2–3. Учитывая, что $A_{23} = 0$, $Q_{23} = \Delta U_{23}$.

Поскольку $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$, то $Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$.

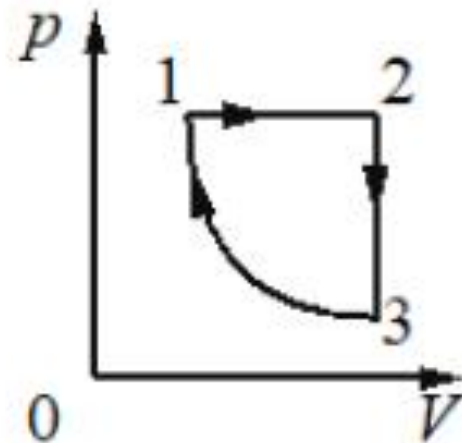
2. Закон Шарля для состояний 2 и 3: $\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow T_3 = 3T_2$.

3. Так как по условию $T_2 = T_1$, то $Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (3T_2 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R \cdot 2T_2 = 3 \nu R T_1$.

$$Q_{23} = 3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 300 = 7\,479 \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q_{23} \approx 7,5$ кДж

В качестве рабочего тела в тепловой машине используется идеальный одноатомный газ, который совершает циклический процесс, состоящий из изобарного нагревания (1→2), изохорного охлаждения (2→3) и адиабатного сжатия (3→1). КПД этой тепловой машины $\eta = 20\%$. Найдите отношение работы A_{12} , совершённой газом в изобарном процессе, к работе A'_{31} , совершённой над газом при адиабатном сжатии.



$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$$

$$A_{12} + \Delta U_{12} = p\Delta V + \frac{3}{2} p\Delta V = \frac{5}{2} p\Delta V = \frac{5}{2} A_{12}$$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_H} = \frac{A_{12} + A_{31}}{A_{12} + \Delta U_{12}} = \frac{A_{12} - A'_{31}}{\frac{5}{2} A_{12}} = \frac{2}{5} - \frac{2A'_{31}}{5A_{12}}$$

$$\frac{A'_{31}}{A_{12}} = 2,5 \cdot (1 - \eta) = 2,5 \cdot (1 - 0,2) = 2$$

Процесс	A	ΔU	Q	Комментарий
12	+	+	+	Получает тепло
23	0	-	-	Отдает тепло
31	-	+	0	
ЦИКЛ	+	0	+	Получает тепло

Возможное решение

1. В данном цикле рабочее тело на участке 1–2 (изобара) получает положительное количество теплоты от нагревателя:

$$Q_{1 \rightarrow 2} = Q_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}.$$

На участке 2–3 (изохора) рабочее тело отдаёт холодильнику положительное количество теплоты.

На участке 3–1 (адиабата) внешние силы сжимают газ, совершая работу

$$A'_{31} = -A_{31}.$$

2. КПД тепловой машины $\eta = \frac{A}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{A_{12} - A'_{31}}{Q_{12}}$, где A – работа газа за цикл.

3. Используя формулу для внутренней энергии идеального газа

$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$ и формулу для работы газа при изобарном процессе

$A_{12} = p_1(V_2 - V_1)$, найдём количество теплоты:

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) + p_1(V_2 - V_1) = \frac{3}{2}(p_1V_2 - p_1V_1) + p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}A_{12}.$$

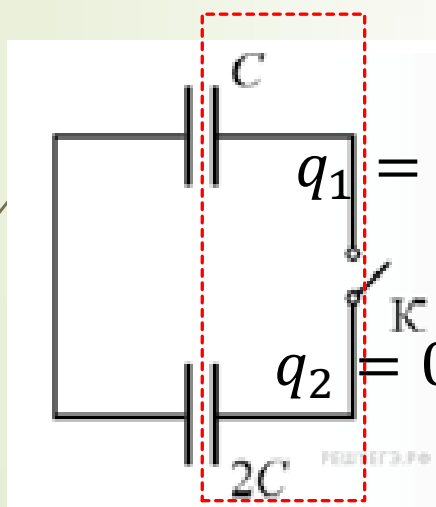
4. Объединив п. 1–3, получим: $A'_{31} = A_{12} - \eta Q_{12} = A_{12}(1 - \frac{5}{2}\eta)$, откуда

$$\frac{A_{12}}{A'_{31}} = \frac{2}{2 - 5\eta} = \frac{2}{2 - 5 \cdot 0,2} = 2.$$

Ответ: $\frac{A_{12}}{A'_{31}} = 2$

Демовариант КИМ 2025.

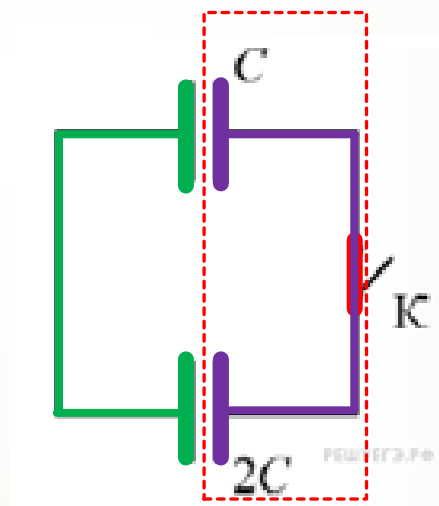
К изолированному заряженному конденсатору с электроёмкостью $C = 1$ нФ и зарядом $q = 12$ нКл параллельно подключили незаряженный конденсатор электроёмкостью $2C$. Найдите установившееся напряжение на первом конденсаторе.



$$q_1 = CU = 12 \text{ нКл}$$

$$U = 12 \text{ В}$$

$$q_2 = 0$$



$$Q_1 = CU_2$$

$$Q_2 = 2CU_2$$

$$U_2 = \frac{CU}{3C} = 4 \text{ В}$$

$$q_1 + q_2 = Q_1 + Q_2$$

Возможное решение

1. При соединении заряженного конденсатора с незаряженным происходит перераспределение электрического заряда до тех пор, пока напряжение на конденсаторах не станет одинаковым: $U_1 = U_2 = U'$.

2. Согласно закону сохранения электрического заряда $q = q_1 + q_2$, где $q = CU$ – начальный заряд заряженного конденсатора, $q_1 = CU'$ и $q_2 = 2CU'$ – заряды конденсаторов после перераспределения зарядов.

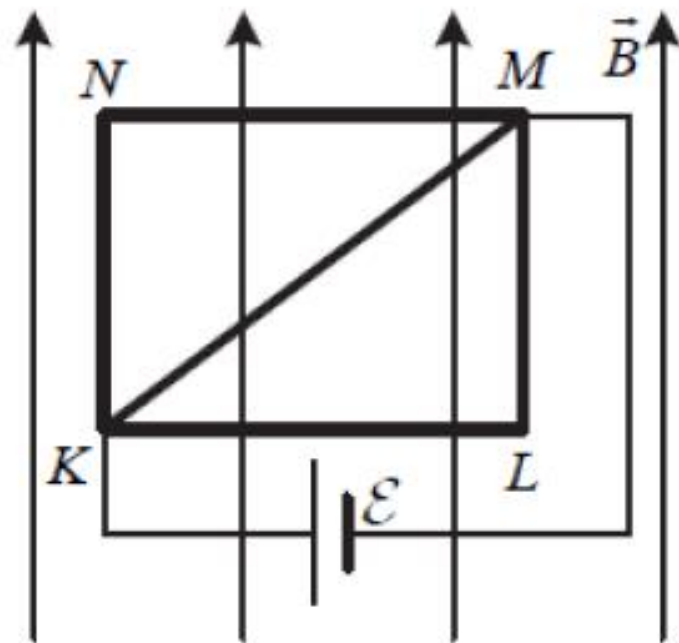
Таким образом, $CU = CU' + 2CU' = 3CU'$.

3. Окончательно получим установившееся напряжение на первом

конденсаторе: $U_1 = U' = \frac{U}{3} = \frac{q}{3C} = \frac{12 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 1 \cdot 10^{-9}} = 4 \text{ В}.$

Ответ: $U_1 = 4 \text{ В}$

Из медной проволоки с удельным сопротивлением $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м и площадью поперечного сечения $S = 0,2$ мм² изготовлен прямоугольный контур $KLMN$ с диагональю KM (см. рисунок). Стороны прямоугольника $KL = l_1 = 20$ см и $LM = l_2 = 15$ см. Контур подключили за диагональ к источнику постоянного напряжения с ЭДС $\mathcal{E} = 1,4$ В и поместили в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1$ Тл, параллельной сторонам KN и LM . С какой результирующей силой магнитное поле действует на контур? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на контур. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



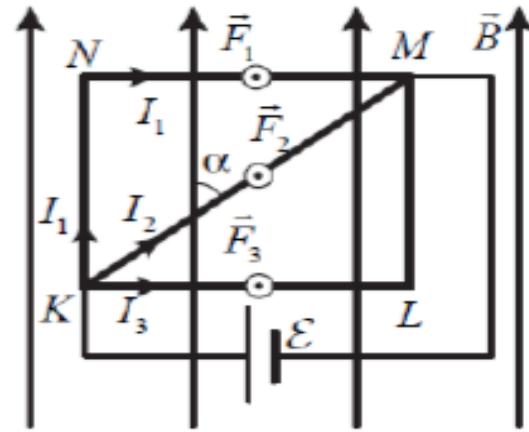
Возможное решение

1. При подключении контура к источнику напряжения по его сторонам и диагонали потекут токи I_1 , I_2 и I_3 (см. рисунок).

Проводники KNM , KLM и KM соединены параллельно, следовательно, $I_1 = I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R_1}$,

и $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2}$, где $R_1 = \rho \frac{l_1 + l_2}{S}$ и $R_2 = \rho \frac{l}{S}$

($KM = l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}$) – сопротивления соответствующих проводников.



2. Со стороны магнитного поля на проводники KL и NM , перпендикулярные индукции магнитного поля, а также на диагональ KM действуют силы

Ампера: $F_1 = F_3 = BI_1 l_1$, и $F_2 = BI_2 l \sin \alpha$, где $\sin \alpha = \frac{l_1}{l}$. По правилу левой

руки силы Ампера параллельны друг другу и направлены к наблюдателю, на проводники KN и ML сила Ампера не действует. Таким образом, результирующая сила $F = 2F_1 + F_2$.

3. Выполняя преобразования, получим: $F_1 = \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho(l_1 + l_2)}$, и $F_2 = \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho \sqrt{l_1^2 + l_2^2}}$.

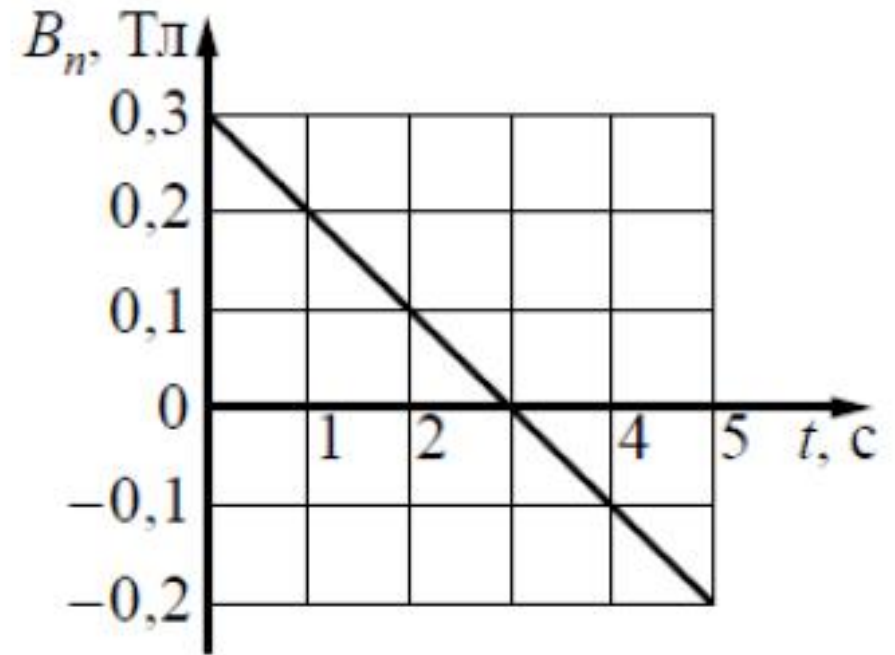
В итоге:

$$F = 2F_1 + F_2 = 2 \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho(l_1 + l_2)} + \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho \sqrt{l_1^2 + l_2^2}} = \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho} \left(\frac{2}{l_1 + l_2} + \frac{1}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}} \right) =$$

$$= \frac{0,1 \cdot 1,4 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2}{1,7 \cdot 10^{-8}} \left(\frac{2}{0,2 + 0,15} + \frac{1}{\sqrt{0,2^2 + 0,15^2}} \right) = 3,2 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = 3,2 \text{ Н}$

Квадратная рамка из медного провода помещена в однородное поле электромагнита. На рисунке приведён график зависимости от времени t для проекции B_n вектора индукции этого поля на перпендикуляр к плоскости рамки. За время $\tau = 5$ с в рамке выделяется количество теплоты $Q = 53$ мкДж. Длина стороны рамки $l = 10$ см. Удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом \cdot м. Определите площадь поперечного сечения провода S_0 .



Возможное решение

1. При изменении магнитного потока через площадь рамки в ней возникнет ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S.$$

2. Скорость изменения проекции вектора индукции магнитного поля B_n на перпендикуляр к плоскости рамки определим из графика:

$$-\frac{\Delta B_n}{\Delta t} = \frac{0,3}{3} = 0,1 \text{ Тл/с.}$$

3. Согласно закону Джоуля – Ленца в рамке выделится количество теплоты

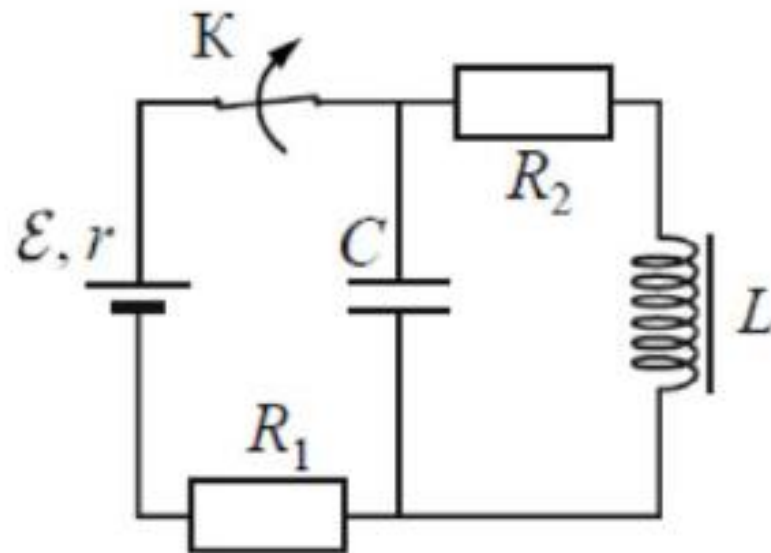
$$Q = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R} \tau = \frac{\tau}{R} \left(\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S \right)^2.$$

4. Так как площадь рамки $S = l^2$, а её сопротивление $R = \rho \frac{4l}{S_0}$, то получим:

$$S_0 = \frac{4\rho Q}{l^3 \tau (\Delta B_n / \Delta t)^2} = \frac{4 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 53 \cdot 10^{-6}}{10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2}} \approx 0,072 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 0,072 \text{ мм}^2.$$

Ответ: $S_0 \approx 0,072 \text{ мм}^2$

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

Задание 26

Двухкритериальная система оценивания

Критерий 1:

Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей) **1 балл**

Критерий 2: Традиционные требования **3 балла**

Исходные формулы и законы (кодификатор);

Обозначения физических величин (рисунки);

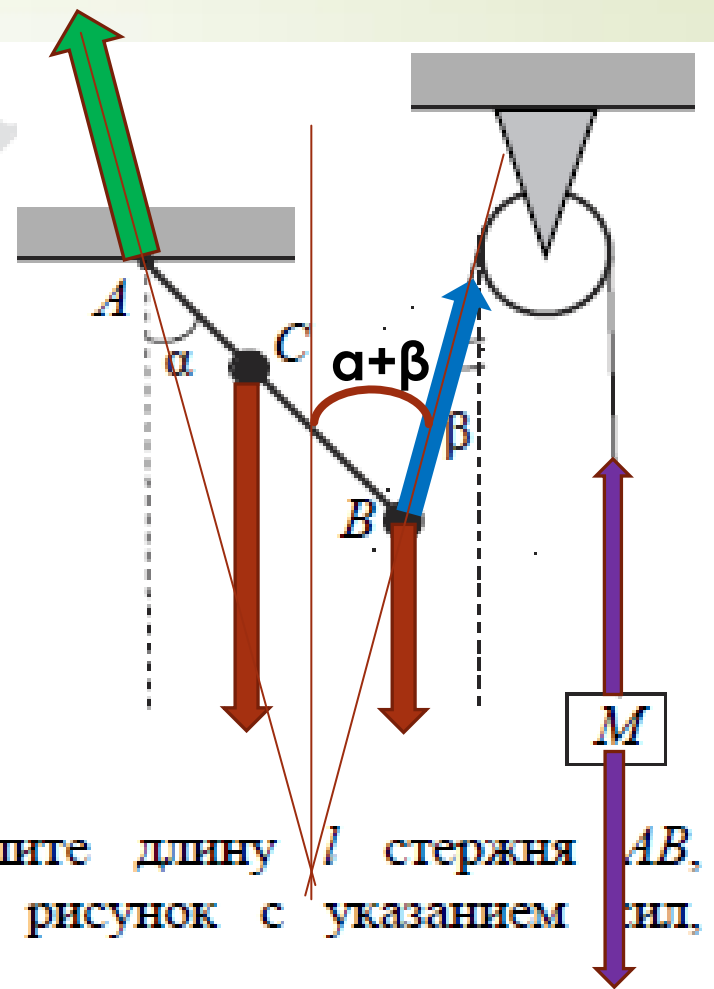
Рисунок с указанием сил (если требуется);

Математические преобразования и расчеты;

Правильный числовой ответ, размерность.

Демовариант КИМ 2025.

Невесомый стержень AB с двумя малыми грузиками массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 200$ г, расположенными в точках C и B соответственно, шарнирно закреплён в точке A . Груз массой $M = 200$ г подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонён от вертикали на угол $\alpha = 45^\circ$, а нить составляет угол с вертикалью, равный $\beta = 15^\circ$. Расстояние $AC = b = 25$ см. Определите длину l стержня AB , пренебрегая трением в шарнире. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз M и стержень. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



$$A: m_1 g \cdot b \sin \alpha + m_2 g \cdot l \sin \alpha = T \cdot l \sin(\alpha + \beta); \quad T = Mg; \quad l = 55,6 \text{ см}$$

Демовариант КИМ 2025.

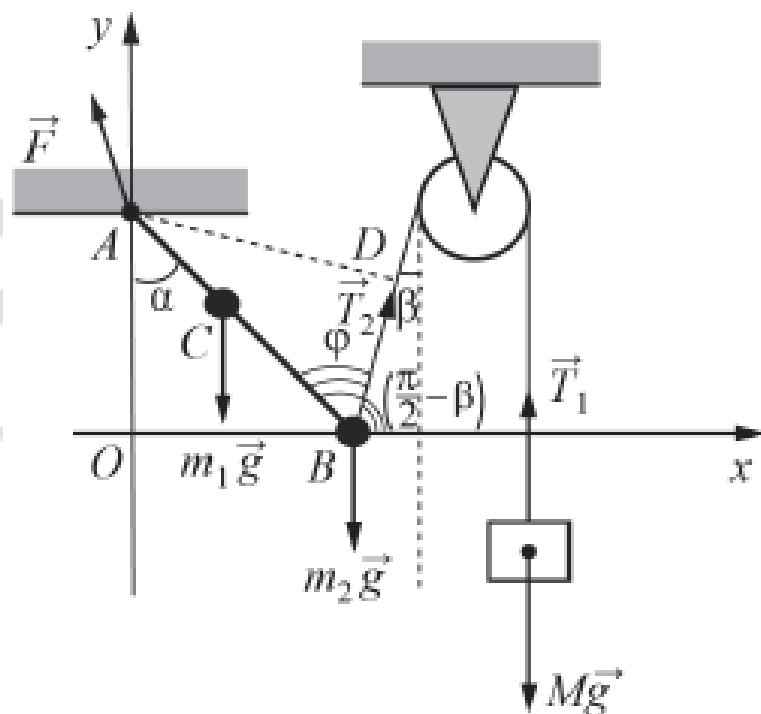
Обоснование физической модели

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Опишем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Стержень находится в равновесии относительно вращательного движения, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку A , равна нулю.
4. Груз опишем моделью материальной точки.
5. Нить нерастяжима, поэтому, если покоится груз, то покоится и стержень.
6. Груз находится в покое относительно поступательного движения, следовательно, сумма сил, действующих на него, равна нулю.
7. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

1. Введём декартову систему координат xOy , как показано на рисунке. Поскольку груз находится в равновесии, согласно второму закону Ньютона

$$T_1 - Mg = 0. \quad (1)$$



2. На стержень с грузами m_1 и m_2 действуют силы $m_1 \vec{g}$ и $m_2 \vec{g}$, а также сила натяжения нити \vec{T}_2 , $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = |T|$. Кроме того, на стержень действует сила \vec{F} со стороны шарнира. Запишем условие равенства нулю суммы моментов этих сил относительно оси вращения, проходящей через точку A – точку шарнирного закрепления стержня:

$$m_1 g \cdot b \sin \alpha + m_2 g \cdot l \sin \alpha - T \cdot AD = 0. \quad (2)$$

3. Решив систему уравнений (1) и (2), с учётом

$$AD = l \sin \varphi = l \sin(\alpha + \beta),$$

получим:

$$l = \frac{m_1 \cdot b \sin \alpha}{M \sin(\alpha + \beta) - m_2 \sin \alpha} = \frac{100 \cdot 25 \frac{\sqrt{2}}{2}}{200 \frac{\sqrt{3}}{2} - 200 \frac{\sqrt{2}}{2}} \approx 55,6 \text{ см.}$$

Ответ: $l \approx 55,6$ см

Два небольших массивных шара массами $m_1 = 0,2$ кг и $m_2 = 0,3$ кг закреплены на концах невесомого стержня AB , лежащего горизонтально на опорах C и D . Длина стержня AB $L = 1$ м, а расстояние AC равно $0,2$ м. Сила давления стержня на опору D в 2 раза больше, чем на опору C . Каково расстояние между опорами CD ? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары».

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Два небольших массивных шара массами $m_1 = 0,2$ кг и $m_2 = 0,3$ кг закреплены на концах невесомого стержня AB , лежащего горизонтально на опорах C и D . Длина стержня AB $L = 1$ м, а расстояние AC равно $0,2$ м. Сила давления стержня на опору D в 2 раза больше, чем на опору C . Каково расстояние между опорами CD ? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары».

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



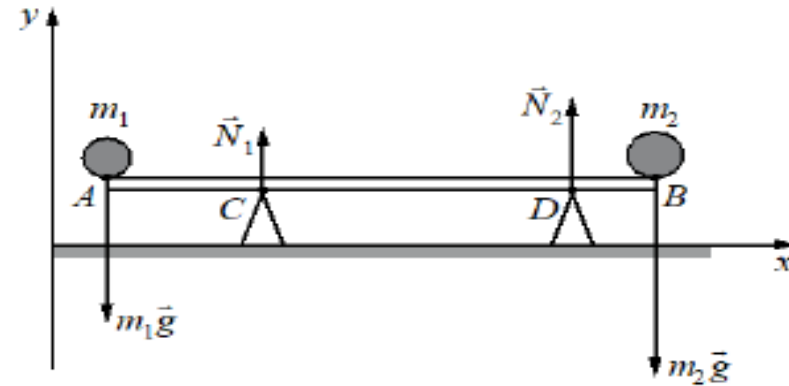
Возможное решение

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень с шарами моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Стержень не движется поступательно, поэтому сумма сил, действующих на него, равна нулю.
4. Стержень не вращается, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящих через точку A перпендикулярно плоскости рисунка, равна нулю.
5. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми шары и стержень взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

Решение

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести $m_1\vec{g}$ и $m_2\vec{g}$, приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор \vec{N}_1 и \vec{N}_2 . По третьему закону Ньютона модули сил реакции равны соответствующим модулям сил давления стержня на опоры, поэтому $N_2 = 2N_1$ (в соответствии с условием задачи).



2. В инерциальной системе отсчёта Oxy , связанной с Землёй, условия равновесия тела приводят к системе уравнений:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1g - m_2g = 0 & \text{— центр масс не движется вдоль } Oy; \\ N_1x + N_2(l+x) - m_2gL = 0 & \text{— нет вращения вокруг точки } A. \end{cases}$$

Здесь $l = CD$, x — плечо силы N_1 ($x = AC$).

3. С учётом условия $N_2 = 2N_1$ систему уравнений перепишем в виде:

$$\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2)g; \\ (3x + 2l)N_1 = m_2gL. \end{cases}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим:

$$x + \frac{2}{3}l = \frac{m_2}{m_1 + m_2}L, \text{ откуда } l = \frac{3}{2} \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2}L - x \right).$$

4. Подставляя значения физических величин, получим ответ:

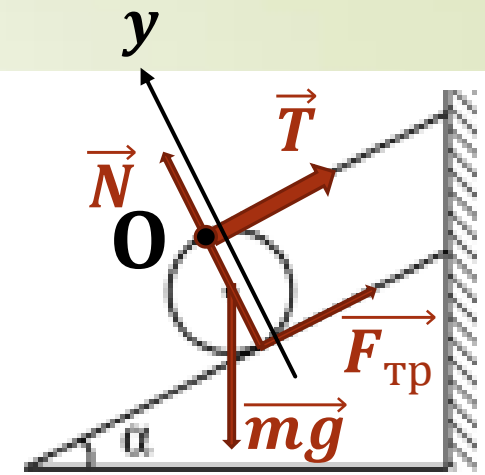
$$l = \frac{3}{2} \left(\frac{0,3}{0,2 + 0,3} \cdot 1 - 0,2 \right) = 0,6 \text{ м.}$$

Ответ: $l = 0,6$ м

Анализ выполнения заданий ЕГЭ

30

Цилиндр массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 20$ см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок).



Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью $\mu = 0,5$. При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту α цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

$$M_{F_{\text{тр}}} + M_N + M_T + M_{mg} = 0 \quad \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{mg} = \vec{0}$$

$$O: F_{\text{тр}} \cdot 2R = mgsin\alpha \cdot R$$

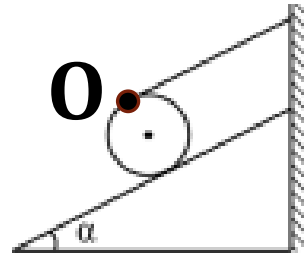
$$F_{\text{тр}} = \mu N \quad oy: N - mg\cos\alpha = 0$$

$$2\mu mg\cos\alpha = mgsin\alpha$$

$$tg\alpha = \frac{1}{2\mu} = 1; \alpha = 45^\circ$$

30

Цилиндр массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 20$ см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок).



Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью $\mu = 0,5$. При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту α цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Анализ выполнения заданий ЕГЭ

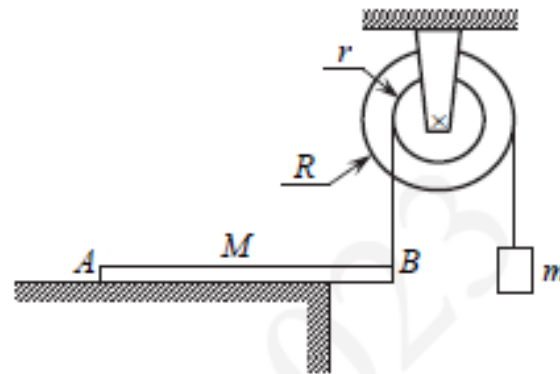
*Обоснование
применимости основного
уравнения динамики в
данной задаче*

1. Будем применять законы статики в ИСО, *связанной со стенкой*
2. Цилиндр не движется поступательно, поэтому векторная сумма сил, действующих на него равна нулю
3. Цилиндр будем считать **твёрдым телом**
4. Цилиндр не вращается, поэтому сумма моментов сил, действующих на цилиндр равна нулю
5. Ось вращения выбрана в точке O .

Демовариант КИМ 2023.

30

Однородный брусок AB массой M постоянного прямоугольного сечения лежит на гладкой горизонтальной поверхности стола, свешиваясь с него менее чем наполовину (см. рисунок). К правому концу бруска прикреплена лёгкая нерастяжимая нить. Другой конец нити закреплён на меньшем из двух дисков идеального составного блока. На большем диске этого блока закреплена другая лёгкая нерастяжимая нить, на которой висит груз массой $m = 1$ кг. Диски скреплены друг с другом, образуя единое целое. $R = 10$ см, $r = 5$ см. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на брусок M , блок и груз m . Найдите минимальное значение M , при котором система тел остаётся неподвижной. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



Обоснование физической модели

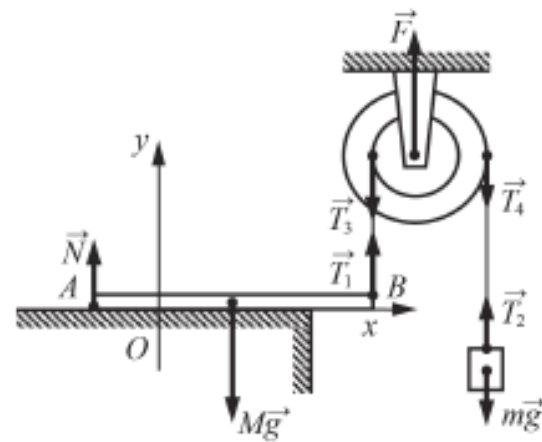
Обоснование

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной (ИСО).
2. Брусок перед отрывом его правого края от поверхности стола будем считать твёрдым телом с осью вращения, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку A . Условие равновесия относительно вращения твёрдого тела на оси – равенство нулю суммы моментов сил, приложенных к телу, относительно этой оси.
3. Нити нерастяжимы, поэтому, если поконтся брусок, то покоятся и все остальные тела системы.
4. Нити лёгкие, поэтому величина силы натяжения каждой нити в любой её точке одна и та же. В том числе: $T_1 = T_3$, $T_2 = T_4$ (см. рисунок в решении).
5. Блок идеальный (трения в осях нет, масса блока пренебрежимо мала). Поэтому условие равновесия блока – равенство нулю суммы моментов сил натяжения нитей относительно оси блока.
6. Груз может двигаться только поступательно вдоль вертикальной оси Oy , лежащей в плоскости рисунка. Поэтому для груза используем модель материальной точки и применим второй закон Ньютона. Вследствие этого условие равновесия – сумма приложенных к грузу сил равна нулю.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: выбор инерциальной системы отсчёта, модель твёрдого тела, модель материальной точки, особенности применимости условий равновесия	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0

Решение

1. Силы, действующие на брусок, блок и груз, показаны на рисунке для случая, когда масса бруска минимальна, и поэтому он ещё поконтся на столе, но касается стола только в точке A . Поэтому сила \vec{N} приложена к бруску в точке A и направлена вертикально вверх, так как поверхность стола гладкая (трения нет).



2. Запишем уравнение моментов

сил для бруска в момент, когда он поконтся, касаясь стола только в точке A :

$$T_1 \cdot AB - Mg \cdot \frac{AB}{2} = 0,$$

откуда

$$T_1 = \frac{Mg}{2}.$$

3. Запишем второй закон Ньютона для покоящегося груза в проекциях на ось Oy введённой ИСО:

$$T_2 - mg = 0,$$

откуда

$$T_2 = mg.$$

4. Условие равновесия блока на его оси:

$$T_3 \cdot r = T_4 \cdot R.$$

С учётом того, что $T_1 = T_3$, $T_2 = T_4$, получим отсюда

$$T_1 \cdot r = T_2 \cdot R.$$

5. Подставив в это равенство результаты п. 2 и 3, получим:

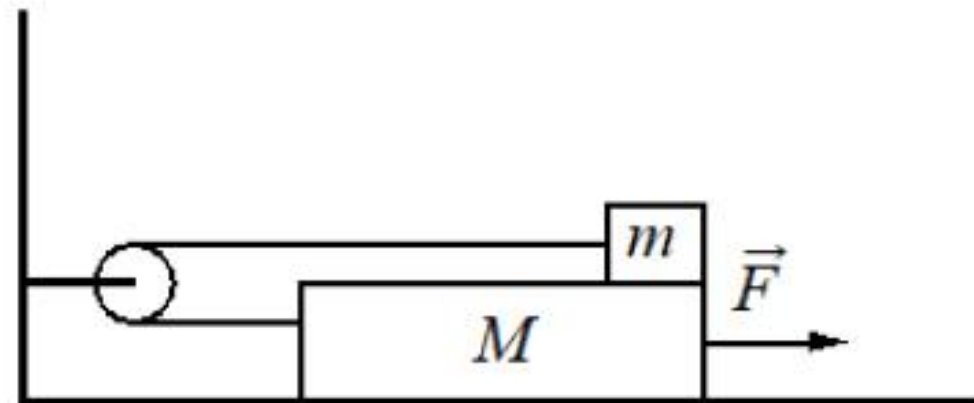
$$\frac{Mg}{2} \cdot r = mg \cdot R.$$

Отсюда

$$M = 2m \cdot \frac{R}{r} = 2 \cdot 1 \text{ кг} \cdot \frac{0,1 \text{ м}}{0,05 \text{ м}} = 4 \text{ кг}.$$

Ответ: $\min M = 4 \text{ кг}$

На горизонтальном неподвижном столе лежит доска массой $M = 0,8$ кг. На доске находится маленький брусок массой $m = 200$ г. Брусок и доска связаны невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок, закреплённый на стене (отрезки нити, не лежащие на блоке, горизонтальны). Коэффициент трения между бруском и доской $\mu_1 = 0,5$, между столом и доской $\mu_2 = 0,3$. Доску тянут вправо горизонтальной силой \vec{F} . Чему равен модуль силы \vec{F} , если модуль ускорения бруска относительно стола $a = 1$ м/с²? Трением в оси блока пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. *Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.*



Возможное решение

Обоснование

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью стола.

2. Тела движутся поступательно, и материальной точки. Следовательно, законы Ньютона, сформулированный для материальной точки, применимы к телам, движение бруска и доски равноускоренно.

3. Так как нить нерастяжима, ускорения бруска и доски равны по модулю и противоположны по направлению: $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a$, $\vec{a}_1 = -\vec{a}_2$.

4. Так как блок и нити невесомы и нерастяжимы, то силы натяжения нити, действующие на блок и на бруска, равны по модулю: $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$.

5. Силы трения, действующие на бруска и на доску, противоположны по направлению: $\vec{F}_{\text{тр}1} = -\vec{F}_{\text{тр}2}$.

6. Модули сил нормальной реакции бруска на доску и доски на бруска также равны друг другу по третьему закону Ньютона: $N_1 = P$.

Решение

1. На рисунке показаны силы, действующие на бруска и на доску. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy выбранной системы координат. С учётом (1)–(3) получим:

$$Ma = F - F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}3} - T,$$

$$-ma = F_{\text{тр}1} - T,$$

$$N_1 = mg,$$

$$N_2 = Mg + P.$$

2. Вычитая второе уравнение из первого, найдём силу, действующую на доску:

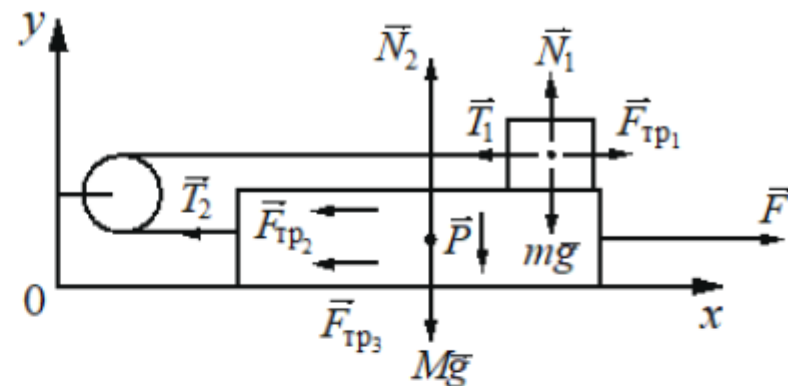
$$F = (M + m)a + 2F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}3}.$$

3. $F_{\text{тр}1} = \mu_1 N_1 = \mu_1 mg$. Учитывая (4), получим $F_{\text{тр}3} = \mu_2 N_2 = \mu_2 (M + m)g$.

В итоге:

$$F = (M + m)(a + \mu_2 g) + 2\mu_1 mg = (0,8 + 0,2)(1 + 0,3 \cdot 10) + 2 \cdot 0,5 \cdot 0,2 \cdot 10 = 6 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = 6 \text{ Н}$



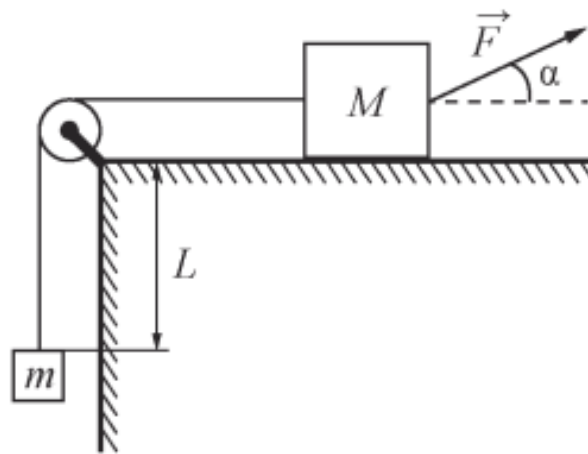
Демовариант КИМ 2025.

26

Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 400 м/с, разрывается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается на 0,5 МДж. Найдите скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**

ИЛИ

На горизонтальном столе находится брусок массой $M = 1$ кг, соединённый невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с грузом массой $m = 500$ г. На брусок действует сила \vec{F} , направленная под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок), $F = 9$ Н. В момент начала движения груз

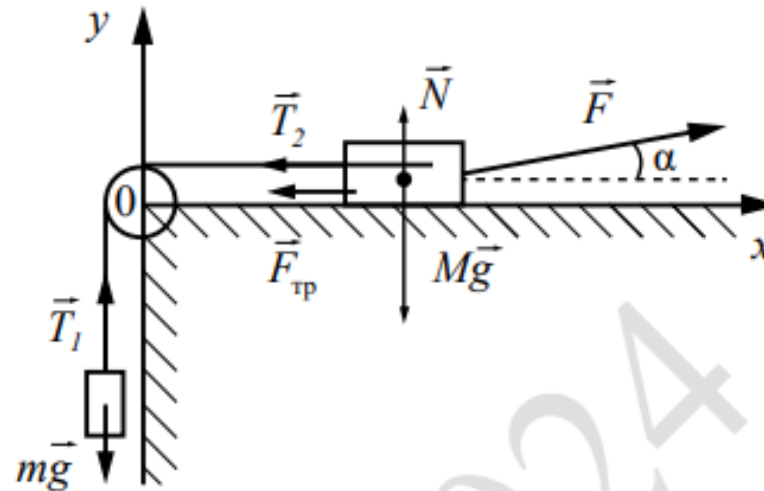


находится на расстоянии $L = 32$ см от края стола. Какую скорость V будет иметь груз в тот момент, когда он поднимется до края стола, если коэффициент трения между бруском и столом $\mu = 0,3$? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на брусок и груз. **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**

Задание 26. Обоснование физической модели

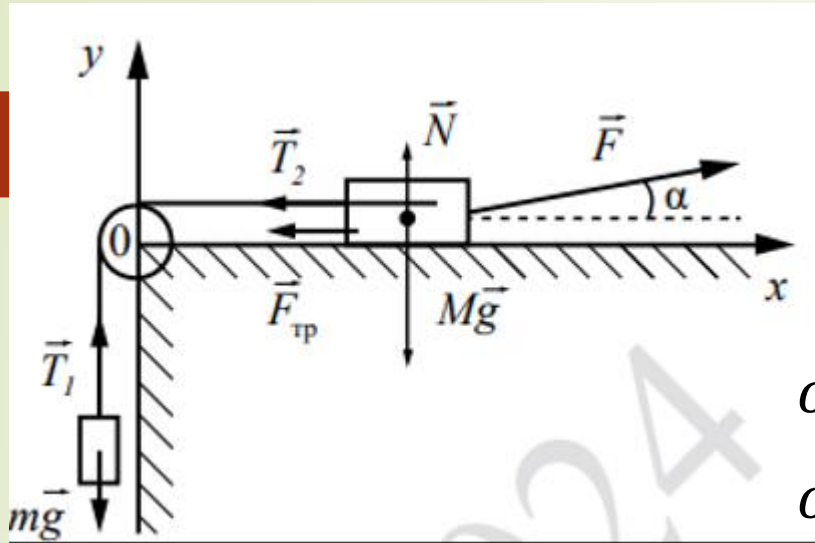
Обоснование

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной со столом. При нахождении ускорений тел будем применять второй закон Ньютона, сформулированный для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и о воздух



Критерий 1

Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: выбор ИСО, модель материальной точки, равенство модулей сил натяжения нитей и модулей ускорений брусков, рисунок с указанием сил, действующих на тела



$$\vec{F}_{\text{Tp}} + \vec{T}_2 + \vec{F} + \vec{N} + \vec{Mg} = \vec{ma}_2$$

$$\vec{T}_1 + \vec{mg} = \vec{ma}_1$$

$$ox: F \cos \alpha - T - F_{\text{Tp}} = ma$$

$$oy: F \sin \alpha + N - Mg = 0$$

$$F_{\text{Tp}} = \mu N = \mu(Mg - F \sin \alpha)$$

$$oy: T - mg = ma$$

$$F \cos \alpha - mg - \mu(Mg - F \sin \alpha) = (m + M)a$$

$$2aL = V^2$$

$$V = \sqrt{2L \cdot \frac{F \cos \alpha - mg - \mu(Mg - F \sin \alpha)}{(m + M)}} = \sqrt{0,64 \cdot \frac{9 \frac{\sqrt{3}}{2} - 0,5 \cdot 10 - 0,3 \cdot (10 - 9 \cdot 0,5)}{0,5 + 1}} = 0,7 \frac{\text{M}}{\text{c}}$$

Обоснование применимости законов механики

Второй закон Ньютона для связанных тел

1. Применяем в ИСО

2. Применяем для материальной точки

А) размеры тела, для которого применяется закон малы по сравнению с расстояниями и размерами других тел в данной задаче;

Б) тело движется поступательно

3. Условие равенства сил натяжения нити (невесомость нити, идеальность блока при его наличии)

4. Условие равенства ускорений тел (нерастяжимость нити, постоянство длины пружины при ее движении)

5. 3 закон Ньютона (если используется), условие отрыва тела от поверхности (если используется)

Обоснование применимости законов механики

Равновесие твердого тела

1. Применяем в ИСО
2. Рассматриваем модель твердого тела
3. Условие равновесия тела по отношению к поступательному движению – сумма сил равна нулю
4. Условие равновесия тела по отношению к вращательному движению – сумма моментов сил равна нулю
5. 3 закон Ньютона (если используется)

26

Пластилинный шарик в момент $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности Земли под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарик абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. Время от столкновения шариков до их падения на Землю равно τ . С какой начальной скоростью v_0 был брошен первый шарик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Демовариант КИМ 2025.

26

Пластиковый шарик в момент $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности Земли под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарик абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. Время от столкновения шариков до их падения на Землю равно τ . С какой начальной скоростью v_0 был брошен первый шарик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

1. Первый шарик начинает движение из начала координат, а второй – из точки A . До и после столкновения (происходящего в точке B) шарик свободно падают. Поэтому до столкновения для первого шарика

$$y_1(t) = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2},$$

$$v_{1y}(t) = v_0 \sin \alpha - gt,$$

а для второго шарика

$$v_{2y}(t) = -gt.$$

2. Шарик сталкиваются в момент t_1 , при этом импульс системы двух шариков сохраняется: $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{u}_0$, а скорость \vec{u}_0 шариков после удара согласно условию горизонтальна. Поэтому $v_{1y}(t_1) + v_{2y}(t_1) = 0$, или

$$(v_0 \sin \alpha - gt_1) + (-gt_1) = 0, \text{ откуда } t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g}.$$

3. Столкновение шариков происходит на высоте

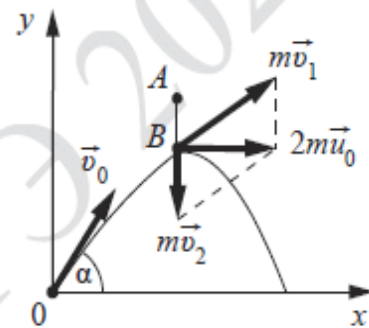
Обоснование

1. Выберем инерциальную систему отсчёта, связанную с Землёй. За начало отсчёта координат примем первоначальное положение первого шарика.

2. Шарик будем считать материальными точками.

3. Так как сопротивлением воздуха можно пренебречь, то движение шариков можно считать свободным падением.

4. Считаем время взаимодействия шариков при неупругом столкновении малым. Следовательно, импульсом внешней силы (силы тяжести) за это время можно пренебречь. Значит, импульс системы двух шариков при столкновении сохраняется.

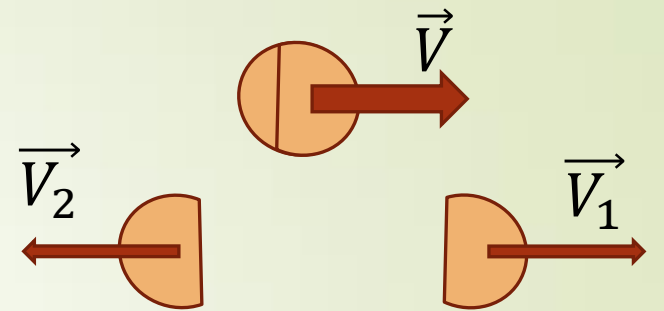


$$h = y_1(t_1) = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{8g} = \frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}.$$

4. Поскольку скорость \vec{u}_0 шариков после удара горизонтальна, интервал времени τ от столкновения шариков до их падения на Землю находится из условия $h = \frac{g\tau^2}{2}$, откуда $\tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{3} \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{2g}$. Отсюда: $v_0 = \frac{2g\tau}{\sqrt{3} \cdot \sin \alpha}$.

Ответ: $v_0 = \frac{2g\tau}{\sqrt{3} \cdot \sin \alpha}$

Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 400 м/с, разбивается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается на 0,5 МДж. Найдите скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь. *Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.*



$$m\vec{V}_1 + m\vec{V}_2 - M\vec{V} = \vec{F}_{\Sigma\text{вне}}\Delta t$$

$$E_{\text{конечная}} - E_{\text{начальная}} = \Delta E$$

$$mV_1 - mV_2 = 2mV$$

$$\left(\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2}\right) - \frac{2mV^2}{2} = \Delta E$$

$$\left(\frac{mV_1^2}{2} + \frac{m(V_1 - 2V)^2}{2}\right) - \frac{2mV^2}{2} = \Delta E$$

$$m(V_1^2 + V_1^2 - 4V_1V + 4V^2 - 2V^2) = 2\Delta E \quad (V_1 - V)^2 = \frac{2\Delta E}{m} \quad V_1 = V + \sqrt{\frac{2\Delta E}{m}}$$

$$V_1 = 400 + \sqrt{\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^6}{4}} = 900 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

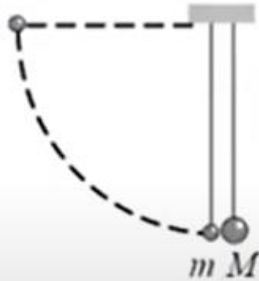
Демовариант КИМ 2025.

Обоснование физической модели

Обоснование

1. Введём инерциальную систему отсчёта, связанную с Землёй, и направим ось Ox системы координат в направлении начальной скорости движения снаряда.
2. При описании движения снаряда и осколков используем модель материальной точки.
3. Для описания разрыва снаряда использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае из-за отсутствия сопротивления воздуха внешней силой является только сила тяжести $m\vec{g}$, которая не равна нулю. Но этим можно пренебречь, считая время разрыва снаряда малым. За малое время разрыва импульс каждого из осколков меняется на конечную величину за счёт больших внутренних сил, разрывающих снаряд при взрыве. По сравнению с этими большими силами конечная сила тяжести пренебрежимо мала.
4. Так как время разрыва снаряда считаем малым, то можно пренебречь и изменением потенциальной энергии снаряда и его осколков в поле тяжести в процессе разрыва.

Два шарика, массы которых $m = 0,1$ кг и $M = 0,2$ кг, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях длиной $l = 1,5$ м (см. рис.). Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают из состояния покоя. Какое количество теплоты выделится в результате абсолютно неупругого удара шариков? Обоснуйте применимость использующихся законов к решению задачи.



- Выбор ИСО
- Материальные точки
- Условие применимости закона сохранения энергии
- Условие применимости закона сохранения импульса

Обоснование

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной (ИСО).
2. Шарик m и M описываем моделью материальной точки, так как их размеры малы по сравнению с длинами нитей.
3. При движении шарика m по окружности от начального положения до столкновения шариков на него действуют потенциальная сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити \vec{T} (сопротивлением воздуха пренебрегаем). Сила \vec{T} направлена по нити, то есть по радиусу окружности, а скорость \vec{v} шарика m направлена по касательной к окружности. Поэтому в любой точке траектории шарика $\vec{T} \perp \vec{v}$ и работа силы \vec{T} при движении шарика от начального положения до места столкновения шариков равна нулю. Следовательно, при этом движении сохраняется механическая энергия шарика m

$$E_{\text{мех}} = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

4. Закон сохранения импульса системы тел выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим горизонтально вправо, по направлению скорости шарика m перед столкновением. При столкновении все внешние силы, действующие на систему тел «шарик m + шарик M » (силы тяжести $m\vec{g}$ и $M\vec{g}$, а также силы натяжения нитей) вертикальны. Следовательно, в ИСО проекция импульса системы «шарик m + шарик M » на горизонтальную ось сохраняется при их столкновении.

Обоснование применимости законов механики

Закон сохранения импульса системы тел

1. Применяем в ИСО
2. Применяем для системы материальных точек
3. Применение закона сохранения импульса требует
 - А) замкнутости системы взаимодействующих тел, то есть отсутствия внешних сил

или

- Б) замкнутости системы вдоль одной из осей

или

В) малости импульса внешних сил ввиду малого времени взаимодействия по сравнению с начальным и конечным импульсами взаимодействующих тел (при столкновении, разрыве тел, выстреле и т.п.) и конечности (ограниченности) внешних сил

$$\vec{p}_{\text{системы}}^{\text{конечный}} - \vec{p}_{\text{системы}}^{\text{начальный}} = \vec{F}_{\text{внешних сил}} \Delta t$$

Обоснование применимости законов механики

Закон сохранения энергии системы тел

1. Применяем в ИСО
2. Применяем для системы материальных точек
3. Применение закона сохранения энергии требует равенства нулю мощности внешних сил и мощности неконсервативных сил.

Работа, а следовательно и мощность внешних и неконсервативных сил будет равна нулю либо если соответствующая сила равна нулю, либо когда сила перпендикулярна скорости. Последнее часто встречается для описания работы силы нормальной реакции опоры и силы натяжения нити.

4. Если эти работы нельзя считать равными нулю, то их сумма приравнивается к изменению полной механической энергии системы тел. Или убыль полной механической энергии приравнивается к количеству теплоты, выделившемуся в ходе изучаемого процесса.

$$E_{\text{конечная}} - E_{\text{начальная}} = A_{\text{внешних сил}} + A_{\text{трения}} \quad E_{\text{начальная}} - E_{\text{конечная}} = Q$$



Спасибо

за

внимание!