

Разбор



Реальные задачи ЕГЭ

СОДЕРЖАНИЕ

Задача 1	2
Задача 2	5
Задача 3	7
Задача 4	10
Задача 5	13
Задача 6	17
Задача 7	19
Задача 8	23
Задача 9	26
Задача 10	30
Задача 11	31
Задача 12	34
Задача 13	36
Задача 14	39
Задача 15	43
Задача 16	48
Задача 17	51
Задача 18	55
Задача 19	60
Задача 20	61
Задача 21	64
Задача 22	74
Задача 23	79
Задача 24	86
Задача 25	92
Задача 26	101

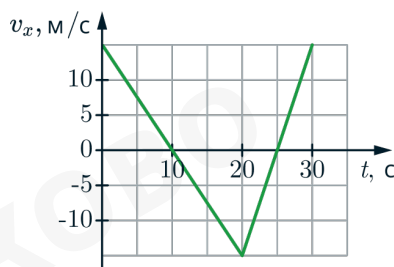
Разбор



Реальный ЕГЭ по физике 2025

Задача 1.1 #125782

На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t



Найдите проекцию a_x ускорения этого тела в интервале 0-20 с. Ответ дайте в м/с².
Дальний Восток

Решение

Ускорение по определению равно:

$$a_x = \frac{V_{x_2} - V_{x_1}}{\Delta t} = \frac{-15 - 15}{20} = -1,5 \text{ м/с}^2$$



Задача 2.2 #125762

Модуль сил гравитационного притяжения между двумя однородными шарами, центры которых находятся на расстоянии 3 м друг от друга равен 8 нН. Каков будет модуль сил притяжения между ними, если расстояние между их центрами увеличилось до 6 м? Ответ дайте в нН.

Дальний Восток

Решение

Сила гравитационного взаимодействия рассчитывается по формуле $F = \frac{GmM}{R^2}$

Так как расстояние R увеличивается в 2 раза, то сила взаимодействия уменьшается в 4 раза, а значит будет равна $F_2 = \frac{8}{4} = 2 \text{ нН}$



1,6 Н, сила трения - $F_{\text{тр}} = \mu mg$.

Равнодействующая сил равна:

$$F = F_{\text{T}} - F_{\text{тр}} = F_{\text{T}} - \mu mg$$

Тогда коэффициент трения:

$$\mu = \frac{F_{\text{T}} - F}{mg} = \frac{1,6 \text{ Н} - 0,2 \text{ Н}}{0,4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг}} = 0,35$$

4) **Неверно**

Нет, скорость тела изменяется в процессе движения.

5) **Верно**

Кинетическая энергия равна:

$$E = \frac{mv^2}{2},$$

где v – скорость тела.

Тогда кинетическая энергия в момент $t = 3$ с:

$$E_3 = \frac{mv_3^2}{2} = \frac{0,4 \text{ кг} \cdot 2,25 \text{ (м/с)}^2}{2} = 0,45 \text{ Дж}$$



Возьмем начальный момент времени и $t = 3$ с. Тогда

$$a = \frac{0 \text{ м/с} - (-15) \text{ м/с}}{3 \text{ с}} = 5 \text{ м/с}^2$$

3) Верно

В графиках зависимости скорости от времени путь, который прошло тело, будет являться площадью между графиком и осью Ot . Тогда перемещение будет равно разности площадей двух треугольников, т. к. в промежутки времени от 0 с до 3 с и от 3 с до 6 с тело А имеет противоположные по знаку скорости.

$$S = \frac{15 \text{ м/с} \cdot 3 \text{ с}}{2} - \frac{15 \text{ м/с} \cdot 3 \text{ с}}{2} = 0 \text{ м}$$

4) Неверно

В данный момент времени скорости у тел были одинаковы, но это не значит что они встретились.

5) Верно

Графики скоростей тел – прямые, следовательно тела А и В движутся с постоянным ускорением.


Задача 6.1 #117362

Деревянный брусок, помещённый на горизонтальный диск, вращается вместе с ним с некоторой частотой. В ходе опыта частоту вращения диска уменьшили. Как изменились при этом центростремительное ускорение бруска и сила нормального давления бруска на опору?

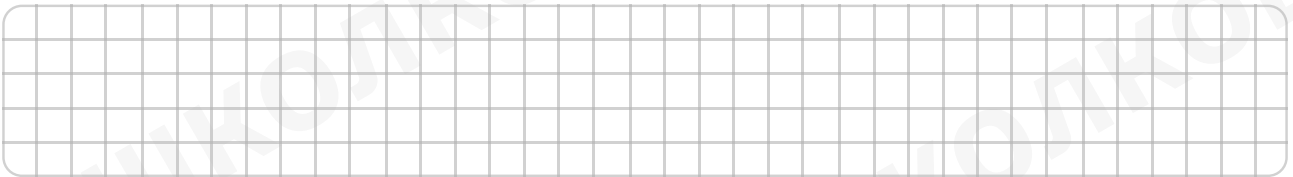
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Центростремительное ускорение бруска	Сила нормального давления бруска на опору

Дальний Восток


Решение

Центростремительное ускорение равно:

$$a = \omega^2 R,$$

где $\omega = 2\pi\nu$ – угловая скорость, R – радиус вращения.

Т.е. при уменьшении частоты вращения уменьшается и центростремительное ускорение (2).

Запишем второй закон Ньютона

$$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g} + F_{\text{тр.п}}^{\vec{}}$$

Здесь m – масса бруска, N – сила реакции опоры (направлена перпендикулярно поверхности диска), a – центростремительное ускорение, $F_{\text{тр.п}}$ – сила трения.

Спроецируем на вертикальную ось:

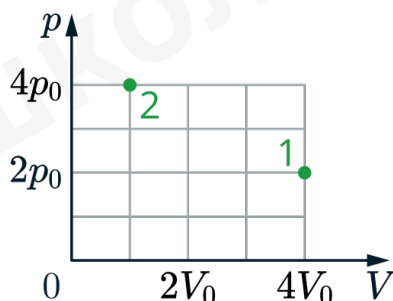
$$N = mg$$



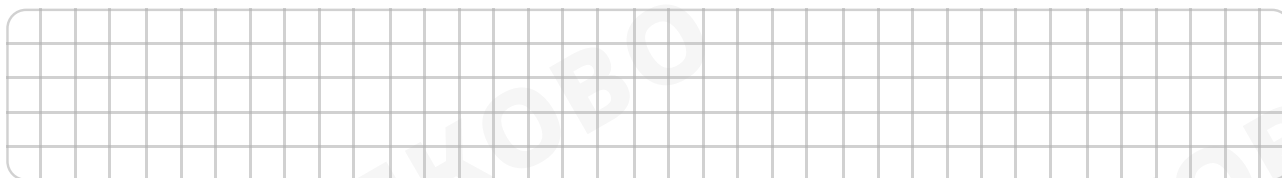
при этом сила реакции опоры равна силе нормального давления (по третьему закону Ньютона). Значит, величина постоянная (3)

**Задача 7.1 #121855**

В сосуде под поршнем находится некоторое постоянное количество идеального газа. Во сколько раз уменьшится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



Дальний Восток

**Решение**

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

где p — давление газа, V — объём, ν — количество вещества, R — универсальная газовая постоянная, T — абсолютная температура.

Тогда

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\frac{p_2 V_2}{\nu R}}{\frac{p_1 V_1}{\nu R}} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{4p_0 \cdot V_0}{2p_0 \cdot 4V_0} = \frac{1}{2},$$

т.е. температура уменьшится в 2 раз.

**Решение**

Так как масса газа остается по условию постоянной, мы можем утверждать, что в процессах А и Б количества вещества равны:

$$\nu_a = \frac{p_a V_a}{RT_a}$$

$$\nu_b = \frac{p_b V_b}{RT_b}$$

Приравняем:

$$\frac{p_a V_a}{RT_a} = \frac{p_b V_b}{RT_b}$$

Выразим нужное нам давление:

$$p_b = \frac{p_a V_a T_b}{T_a V_b} = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$$



В процессе 2-3 объём аргона не изменяется, при этом давление уменьшается. При изохорном снижении давления температура будет уменьшаться, при этом работа газа равна 0. По первому закону термодинамики количество теплоты равняется изменению внутренней энергии. Так как температура понижается, то внутренняя энергия уменьшается, а значит $Q < 0$, т.е. газ отдает положительное количество теплоты.

5) **Неверно**

Из уравнение Менделеева-Клапейрона температура равна:

$$T = \frac{PV}{\nu R}$$

Максимальная температура это температура в точке 2, а минимальная - в точке 4

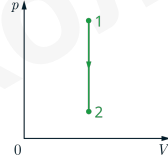
$$T_4 = \frac{p_0 V_0}{\nu R}$$
$$T_2 = \frac{2p_0 3V_0}{\nu R} = \frac{6p_0 V_0}{\nu R}$$

т.е. температуры отличаются в 6 раз, а не в 3



Задача 9.2 #125784

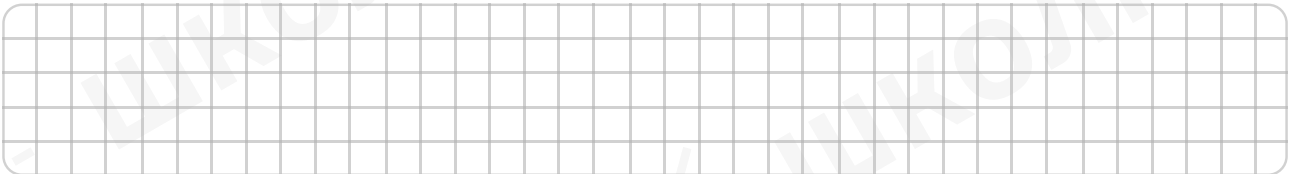
При переводе одноатомного идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление изохорно увеличивается (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.



Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения, характеризующих процесс 1-2.

- 1) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа остаётся неизменной.
- 2) Плотность газа уменьшается.
- 3) Абсолютная температура газа увеличивается.
- 4) Происходит изотермическое сжатие газа.
- 5) Среднеквадратическая скорость теплового движения молекул газа увеличивается.

Дальний Восток



Решение

1) **Неверно**

Запишем основное уравнение МКТ:

$$p = \frac{N}{V}kT$$

где N — количество молекул, T — температура в Кельвинах, p — давление газа.

Объём сохраняется, количество молекул остаётся неизменным, т.к. давление увеличивается, то температура тоже увеличивается. Среднеквадратичная энергия теплового движения молекул газа равна:

$$E_k = \frac{3}{2}kT$$

Т.к. температура увеличивается, то энергия тоже увеличивается.

5) **Неверно**



$$\rho = \frac{m}{V}$$

Объем в этом процессе не изменяется, масса не изменяется, следовательно, плотность не изменяется.

3) Верно

Из первого пункта следует, что абсолютная температура увеличивается.

4) Неверно

Неверно, т.к. процесс не изотермический.

5) Верно

Среднеквадратичная энергия теплового движения молекул газа связана с среднеквадратической скоростью теплового движения молекул по формуле:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Т.к. энергия увеличивается, то скорость увеличивается.



Задача 10.1 #125786

В закрытом сосуде постоянного объёма от идеального газа отвели некоторое количество теплоты. Как изменились давление и внутренняя энергия в ходе этого процесса? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Давление	Внутренняя энергия

Дальний Восток

Решение

В изохорном процессе работа газа равна нулю, тогда по первому закону термодинамики:

$$Q = \Delta U$$

А) Поскольку от газа отводят теплоту, то внутренняя энергия уменьшается

Б) По закону Шарля $\frac{P}{T} = const$, т.к. внутренняя энергия уменьшается, то уменьшается и температура. Для выполнения закона Шарля давление также должно уменьшаться

**Задача 11.2** #96717

Силы электростатического взаимодействия между двумя точечными заряженными телами равны по модулю 80 мН. Каким станет модуль этих сил, если расстояние между телами увеличить в 2 раза? Ответ дайте в мН.

Дальний Восток

Решение

Введем обозначения величин: F — сила электрического взаимодействия шариков; q_1 и q_2 — первый и второй заряды соответственно; r — расстояние между зарядами.

По закону Кулона:

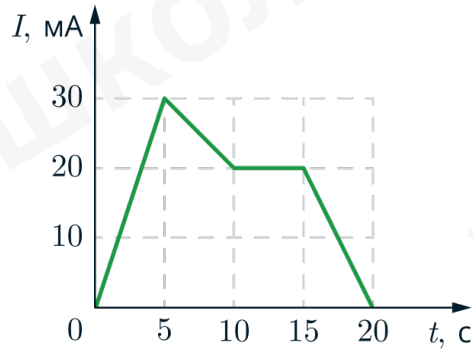
$$F_1 = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2}$$

$$F_2 = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{4r^2} = \frac{1}{4} \cdot k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} = \frac{1}{4} \cdot 80 = 20 \text{ мН}$$

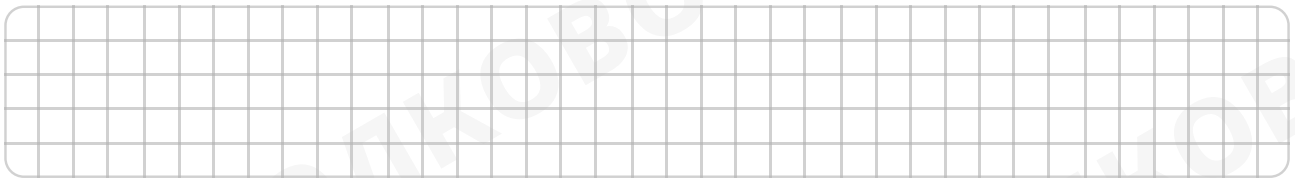


Задача 12.1 #12767

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 15 до 20 с. Ответ дайте в мкВ.



Дальний Восток



Решение

Модуль ЭДС самоиндукции равен

$$|\xi_i| = \left| \frac{L\Delta I}{t} \right| = \frac{1 \text{ мГн} \cdot 20 \text{ мА}}{5 \text{ с}} = 4 \text{ мкВ}$$

где L – индуктивность катушки, ΔI – изменение тока за время t

**Задача 13.2** #125767

Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен 44° . Чему равен угол между падающим лучом и зеркалом?

Дальний Восток

Решение

Согласно законам оптики, угол падения равен углу отражения, они определяются между перпендикуляром к поверхности и соответствующими лучами.

Тогда угол падения равен: $\frac{44}{2} = 22^\circ$

Тогда угол между падающим лучом и плоскостью зеркала равен: $90 - 22 = 68^\circ$



Задача 14.1 #11968

В колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд в зависимости от времени

t мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q нКл	4	2	0	-2	-4	-2	0	2	4	2

Выберите **все** верные утверждения о данной ситуации и укажите их номера.

- 1) Период колебаний равен $4 \cdot 10^{-6}$ с.
- 2) В момент $t = 2 \cdot 10^{-6}$ с энергия катушки максимальна.
- 3) В момент $t = 4 \cdot 10^{-6}$ с энергия конденсатора минимальна.
- 4) В момент $t = 2 \cdot 10^{-6}$ с сила тока в контуре равна 0.
- 5) Частота колебаний равна 125 кГц.

Дальний Восток

Решение

1) **Неверно**

Период колебаний это время, между двумя последовательными одинаковыми величинами заряда. Возьмем $q = 4$ нКл в первый раз он был при $t = 0$ мкс, а второй раз при $t = 8$ мкс, а значит период равен 8 мкс, то есть $8 \cdot 10^{-6}$ с.

2) **Верно**

Энергия катушки будет максимальна, когда энергия конденсатора будет минимальна, а это наступает при минимальном по модулю заряде ($W = \frac{q^2}{2C}$). У нас заряд по модулю минимален при $t = 2 \cdot 10^{-6}$ с и $t = 6 \cdot 10^{-6}$ с. Значит энергия катушки при $t = 2 \cdot 10^{-6}$ с максимальна.

3) **Неверно**

Энергия конденсатор будет зависит от заряда на его пластинах, когда заряд на конденсаторе по модулю будет максимален , то и энергия конденсатора будет максимальна $W = \frac{q^2}{2C}$, при $t = 4 \cdot 10^{-6}$ с заряд по модулю максимален, следовательно, энергия на конденсаторе максимальна.

4) **Неверно**

Заряд в контуре изменяется синусоидально. А так как сила тока производная от заряда, то сила тока будет максимальна при минимальном по модулю заряде, то есть при $t = 0$, $t = 4 \cdot 10^{-6}$ с и $t = 8 \cdot 10^{-6}$ с. Значит при $t = 2 \cdot 10^{-6}$ с максимальная сила тока.



5) Верно

$$\text{Частота } \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 125 \text{ кГц}$$



Задача 14.2 #16870

В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялась сила тока в контуре с течением времени.

t , мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I , А	0,0	2,2	3,0	2,2	0,0	-2,2	-3,0	-2,2	0,0	2,2

Выберите все верные утверждения о процессе, происходящем в контуре.

1. В момент $t = 1$ мкс напряжение на конденсаторе минимально.
2. Период колебаний энергии магнитного поля катушки равен $t = 4$ мкс.
3. Частота электромагнитных колебаний равна 25 кГц.
4. В момент $t = 2$ мкс заряд конденсатора минимален
5. В момент $t = 6$ мкс энергия магнитного поля катушки максимальна.

Дальний Восток

Решение

1) **Неверно**

Согласно закону сохранения энергии в цепи:

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2},$$

где L – индуктивность катушки, I_{max} – максимальная сила тока, I – сила тока в цепи, C – ёмкость конденсатора, U – напряжение на конденсаторе. То есть минимальность напряжения на конденсаторе будет при максимальном силе тока, а в момент $t = 1$ мкс сила тока не максимальна.

2) **Верно**

Сила тока имеет зависимость

$$I(t) = I_m \sin(\omega t),$$

где I_m – максимальная сила тока, ω – циклическая частота колебаний.

Циклическая частота равна

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

где T – период колебаний.

Для силы тока период колебаний равен $T_1 = 8$ мкс и $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$.



Энергия магнитного поля катушки:

$$W_L = \frac{LI^2(t)}{2} = \frac{LI_m^2 \sin^2(\omega_1 t)}{2} = \frac{LI_m^2}{4} (1 - \cos(2\omega_1 t))$$

Тогда

$$\omega_2 = 2\omega_1 \Rightarrow \frac{2\pi}{T_2} = \frac{4\pi}{T_1} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{2} = 4 \text{ мкс.}$$

3) Неверно

$$\text{Частота } \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 125 \text{ кГц}$$

4) Верно

Согласно закону сохранения энергии в цепи:

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C},$$

где L – индуктивность катушки, I_{max} – максимальная сила тока, I – сила тока в цепи, C – ёмкость конденсатора, q – заряд на конденсаторе. То есть минимальный заряд соответствует максимальному модулю тока, а в момент $t = 2$ мкс модуль тока максимален

5) Верно

Энергия катушки магнитного поля:

$$W = \frac{LI^2}{2},$$

где L – индуктивность катушки, I – сила тока в катушке. То есть максимальная энергия соответствует максимальному модулю тока, а при $t = 6$ мкс модуль тока максимален.



Задача 15.1 #121878

Отрицательно заряженный ион движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся модуль ускорения иона и период его обращения в этом поле, если увеличить кинетическую энергию иона?

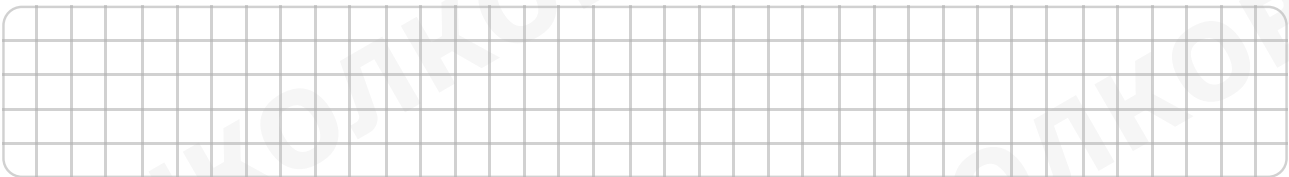
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Модуль ускорения иона	Период обращения иона

Дальний Восток



Решение

На ион действует сила Лоренца, которая равна

$$F_l = qvB,$$

где B – модуль вектора магнитной индукции, v – скорость заряда, q – заряд, α – угол между вектором магнитного поля и скоростью движения частицы.

Второй закон Ньютона:

$$F_L = ma$$

Т.е. при увеличении кинетической энергии ($E_K = \frac{mV^2}{2}$) увеличивается скорость частицы, из-за чего увеличивается сила Лоренца, а следовательно, и модуль ускорения иона (1).

Второй закон Ньютона:

$$F_L = ma_{цс}$$

Распишем центростремительное ускорение, как $\frac{v^2}{R}$

$$Bvq = \frac{mv^2}{R}$$



Выразим радиус вращения

$$R = \frac{mv}{Bq}$$

Период обращения частицы:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{Bq},$$

Видим, что период обращения иона не зависит от скорости, а значит, и от кинетической энергии. Т.е. период не изменяется (3).



Задача 15.2 #14144

Частица массой m , несущая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиусом R со скоростью v . Как изменится радиус траектории и период обращения частицы при уменьшении скорости ее движения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Радиус траектории	Период обращения

Дальний Восток

Решение

1) Радиус траектории – 2

На частицу будет действовать сила Лоренца, которая будет создавать центростремительное ускорение

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

Отсюда радиус траектории равен

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Значит при уменьшении скорости радиус траектории тоже уменьшается.

2) Период обращения – 3

Период обращения равен

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

Из первого пункта подставим радиус и получим

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

Получили, что период не зависит от скорости, а значит и не будет изменяться.



мость квадратичная, а не модульная.

При этом энергия катушки:

$$W_L = \frac{LI^2}{2},$$

где L – индуктивность, I – сила тока.

Энергия конденсатора

$$W_C = \frac{CU^2}{2},$$

где C – ёмкость конденсатора, U – напряжение на нём.

Так как первоначально конденсатор заряжен, то напряжение на нем максимально, значит энергия магнитного поля минимальна А – 1.

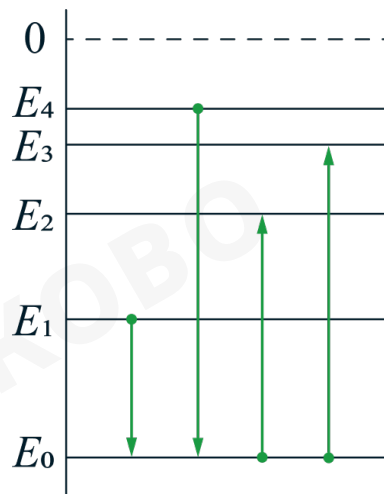
Единственная величина, которая может быть отрицательной это заряд, значит, Б – 3.



Задача 17.1 #117335

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями.

Установите соответствие между процессами поглощения света наименьшей длины волны и излучения света наибольшей длины света и энергией соответствующего фотона. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами



ПРОЦЕСС

А) поглощение света наименьшей длины волны

Б) излучение света наибольшей длины волны

ЭНЕРГИЯ ФОТОНА

1) $E_1 - E_0$

2) $E_2 - E_0$

3) $E_3 - E_0$

4) $E_4 - E_0$

Дальний Восток

Решение

По второму постулату Бора энергия перехода равна:

$$E = E_i - E_j,$$

где E_i – энергия на начальном уровне, E_j – энергия на конечном уровне.



Энергия перехода можно также найти по формуле:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

где ν – частота, λ – длина волны.

А) Поглощение – переход с более низкого уровня на более высокие, при этом так как длина волны минимальна, то

$$\frac{hc}{\lambda} = E_i - E_j,$$

энергия поглощенного фотона максимальна, значит, уровни должны находиться дальше друг от друга - этому условию соответствует переход $E_3 - E_0$ (3).

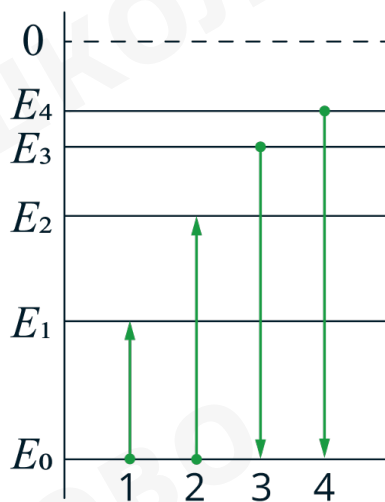
Б) Излучение – переход с более высокого уровня на более низкий, при этом так как длина волны максимальна, то

$$\frac{hc}{\lambda} = E_i - E_j,$$

энергия испускаемого фотона минимальна, значит, уровни должны находиться ближе друг к другу - этому условию соответствует переход $E_1 - E_0$ (1).

**Задача 17.2 #103375**

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями.



Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением света с наименьшей частотой и излучением света с наименьшей энергией фотонов?

Установите соответствие между процессами поглощения света наименьшей длины волны и излучения света наименьшей частоты и энергией соответствующего фотона.

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

ПРОЦЕССЫ

А) поглощение света наибольшей длины волны

Б) излучение света наименьшей длины волны

ЭНЕРГИЯ ФОТОНА

1) $E_0 \rightarrow E_1$

2) $E_0 \rightarrow E_2$

3) $E_3 \rightarrow E_0$

4) $E_4 \rightarrow E_0$

Дальний Восток

Решение



По второму постулату Бора энергия перехода равна:

$$E = E_i - E_j,$$

где E_i – энергия на начальном уровне, E_j – энергия на конечном уровне. Энергия перехода можно также найти по формуле:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (1)$$

где ν – частота, λ – длина волны.

А) Поглощение – переход с более низкого уровня на более высокие, при этом так как энергия минимальна из-за максимальной длины волны, то наиболее близких уровней, то есть 1.

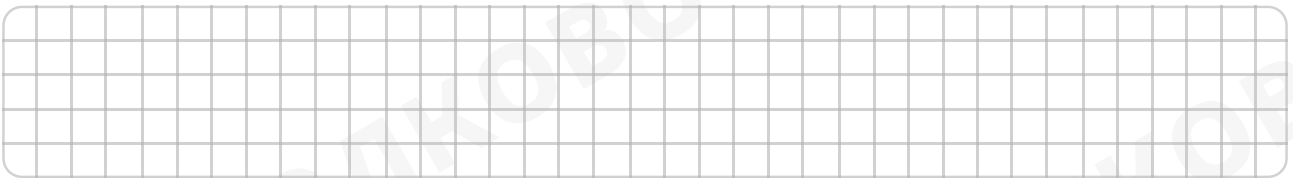
Б) Излучение – переход от более высокого уровня, к более низкому, при этом энергия максимальна из-за минимальности длины волны, то есть расстояние между уровнями максимально. Ответ – 4.

**Задача 18.2** #125641

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

- 1) Кинетическая энергия прямо пропорциональна квадрату его скорости.
- 2) В изотермическом процессе с постоянной массой отношение давления газа к его абсолютной температура остается постоянным.
- 3) В электрически изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается неизменной.
- 4) Индукционный ток своим магнитным полем всегда противодействует изменению магнитного потока, которым был вызван.
- 5) В планетарной модели атома число нейтронов в ядре равно числу электронов в электронной оболочке атома.

Дальний Восток

**Решение**

1) **Верно**

Можно найти по формуле:

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

2) **Неверно**

Это соотношение справедливо для изохорного процесса, где $\frac{p}{T} = \text{const}$ - закон Шарля.

3) **Верно**

Да, это закон сохранения электрического заряда.

4) **Верно**

Да, это правило Ленца.

5) **Неверно**

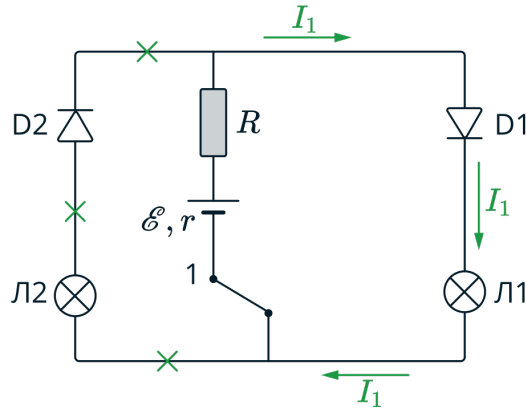
Число протонов равно числу электронов в нейтральном атоме. Чтобы найти число нейтронов нужно из массового числа вычесть зарядовое.



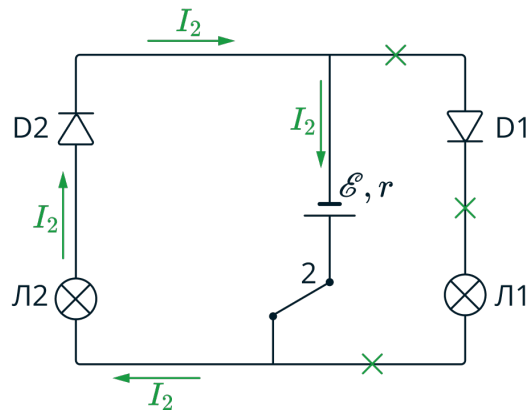
для протекания тока.

5) Верно

В нейтральном атоме число протонов (положительных частиц) равно числу электронов(отрицательных частиц).



2) 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 L2 загорится, а в правой ветви электрический ток протекать перестанет, и лампа L1 потухнет.



3) Следует также отметить, что в первом случае последовательно к лампе L1 будет включён резистор R, а значит, согласно закону Ома для полной цепи

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{л}} + R + r}$$

сила тока в цепи будет меньше, чем во втором случае

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{л}} + r}$$

Значит, согласно формуле $N = I^2 R_{\text{л}}$ мощность, потребляемая лампой L2 во втором случае, будет больше, чем мощность, потребляемая лампой L1 в первом случае, и лампа L2 будет гореть ярче



к положению равновесия, а значит, период свободных колебаний маятника уменьшится

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g + Eq/m}}$$

II способ

Пусть груз отвели на малый угол φ (см. рис.), тогда

$$\sin \varphi = \frac{x}{l},$$

где x – смещение по горизонтали, l – длина нити.

Запишем второй закон Ньютона для маятника:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T},$$

и спроецируем его на ось X :

$$ma_x = T_x.$$

Запишем второй закон Ньютона:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a},$$

где a – ускорение тела.

Спроецируем на ось x :

$$T_x = ma_x$$

Если маятник занимает положение как на рисунке (т. е. $x > 0$), то:

$$T_x = -T \sin \varphi = -T \frac{x}{l}.$$

Если же маятник находится по другую сторону от положения равновесия (т. е. $x < 0$), то:

$$T_x = T \sin \varphi = -T \frac{x}{l}.$$

Итак, при любом положении маятника имеем:

$$ma_x = -T \frac{x}{l}$$

Когда маятник покоится в положении равновесия, выполнено равенство $T = mg + qE$. При малых колебаниях, когда отклонения маятника от положения равновесия малы (по сравнению с длиной нити), выполнено приближённое равенство $T \approx mg + qE$:

$$ma = -(mg + qE) \frac{x}{l} \Rightarrow a + \frac{g + qE/m}{l} x = 0$$



Откуда $\omega^2 = \frac{g + qE/m}{l}$ и период

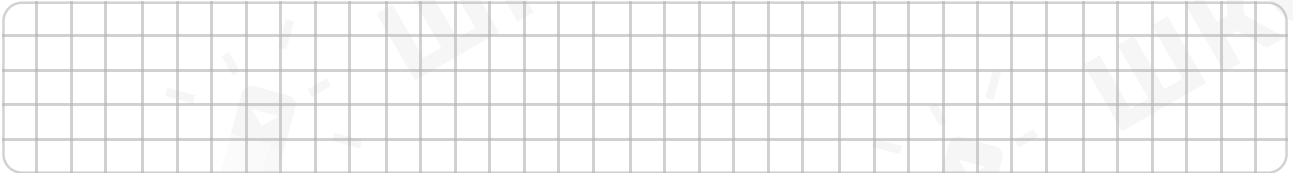
$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g + Eq/m}}$$



Задача 21.3 #125761

На длинной непроводящей нити висит незаряженный шарик. Под ним находится пластина, по которой распределен равномерно положительный заряд. Как изменится частота колебаний шарика, если ему сообщить положительный заряд. Считать длину пластины значительно больше, чем длина нити.

Дальний Восток

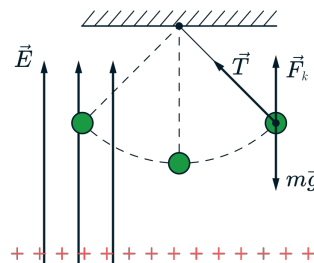


Решение

Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально шарик не заряжен и пластина не действует на шарик. По формуле периода находим период:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Так как и пластина, и шарик заряжены положительно, то шарик отталкивается от пластины с электрической силой F .



Модуль электрической силы равен:

$$F = |q|E$$

I способ

В этом случае равнодействующая сил тяжести и электрической силы, которая будет определять период свободных колебаний маятника, равна по модулю $mg - |q|E < mg$. Возвращающая сила, действующая на шарик (касательная составляющая силы $m\vec{g} - q\vec{E}$), уменьшится, шарик будет медленнее возвращаться к положению равновесия, а значит, период свободных колебаний ма-



ятника увеличится

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g - Eq/m}}$$

II способ

Пусть груз отвели на малый угол φ (см. рис.), тогда

$$\sin \varphi = \frac{x}{l},$$

где x – смещение по горизонтали, l – длина нити.

Запишем второй закон Ньютона для маятника:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T},$$

и спроецируем его на ось X :

$$ma_x = T_x.$$

Запишем второй закон Ньютона:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a},$$

где a – ускорение тела.

Спроецируем на ось x :

$$T_x = ma_x$$

Если маятник занимает положение как на рисунке (т. е. $x > 0$), то:

$$T_x = -T \sin \varphi = -T \frac{x}{l}.$$

Если же маятник находится по другую сторону от положения равновесия (т. е. $x < 0$), то:

$$T_x = T \sin \varphi = -T \frac{x}{l}.$$

Итак, при любом положении маятника имеем:

$$ma_x = -T \frac{x}{l}$$

Когда маятник покоится в положении равновесия, выполнено равенство $T = mg - qE$. При малых колебаниях, когда отклонения маятника от положения равновесия малы (по сравнению с длиной нити), выполнено приближённое равенство $T \approx mg - qE$:

$$ma = -(mg - qE) \frac{x}{l} \Rightarrow a + \frac{g - qE/m}{l} x = 0$$



Откуда $\omega^2 = \frac{g - qE/m}{l}$ и период

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g - Eq/m}}$$



Когда ключ K_2 разомкнут, а ключ K_1 замкнут ток через R_2 не потечет, т.к. диод D_2 будет закрыт, а резистор R_2 подключен к нему последовательно. При этом диод D_1 подключен в обратном направлении и не пропускает ток, значит, ток через амперметр не потечет и его показания станут равны нулю. Вольтметр ток не пропускает, а значит в цепи тока нет, поэтому вольтметр покажет напряжение равное ЭДС ξ

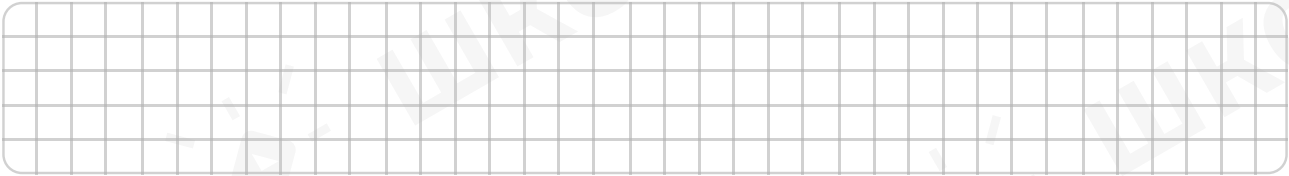
Ответ: показания амперметра уменьшаться и станут равны 0, показания вольтметра увеличатся и будут равны ξ



Задача 22.1 #14398

Два шарика массами $m_1 = 0,01$ кг и $m_2 = 0,02$ кг движутся навстречу друг к другу с одинаковыми скоростями равными $v = 0,5$ м/с. Найти скорость шариков после абсолютно неупругого столкновения.

Дальний Восток



Решение

Закон сохранения импульса выглядит следующим образом

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'$$

где p_1 и p_2 – импульсы шариков до столкновения, p' – импульс системы после столкновения.

Так как шарики сталкиваются неупруго, то они движутся как одно целое. Импульс находится по формуле:

$$p = mv,$$

где m – масса тела, v – его скорость.

Запишем закон сохранения импульса, выбрав за положительную ось направление движения второго шарика:

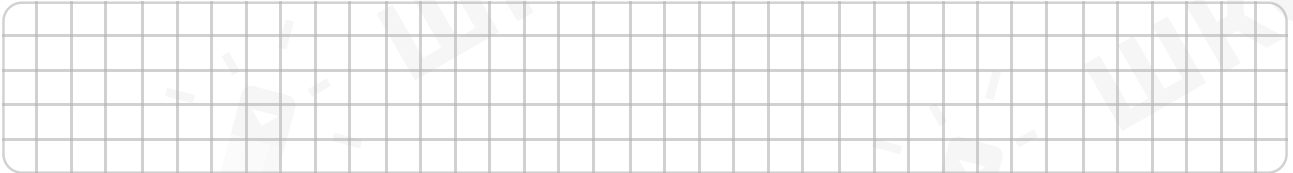
$$m_2v - m_1v = (m_1 + m_2)u \Rightarrow u = \frac{v(m_2 - m_1)}{m_2 + m_1}$$

$$u = \frac{0,5 \text{ м/с}(0,02 \text{ кг} - 0,01 \text{ кг})}{0,02 \text{ кг} + 0,01 \text{ кг}} \approx 0,17 \text{ м/с}$$

**Задача 22.2** #125769

Пластилинный шарик массой 200 г и свинцовый брусок массой 1000 г двигаются навстречу друг другу по гладкой горизонтальной поверхности с одинаковой по модулю скоростью v_0 . После абсолютно неупругого удара их общая скорость стала равна 0,4 м/с. Найдите первоначальную скорость этих тел v_0 .

Дальний Восток

**Решение**

Запишем закон сохранения импульса в проекции на ось Ox :

$$Mv_0 - mv_0 = (m + M)v$$

$$v_0 = \frac{(m + M)v}{M - m}$$

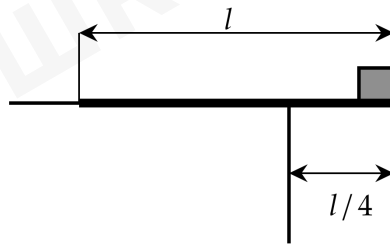
Откуда скорость равна:

$$v_0 = \frac{0,4 \cdot (200 + 1000)}{1000 - 200} = 0,6 \text{ м/с}$$

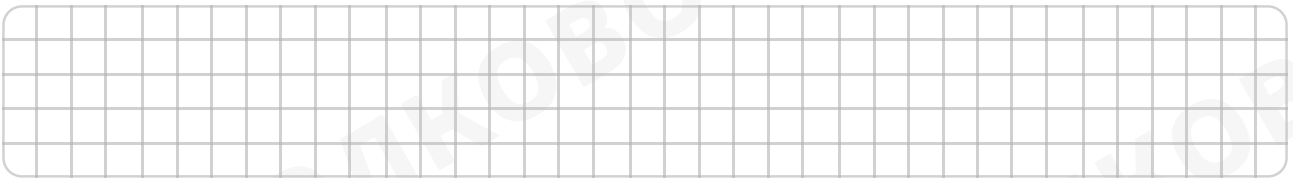


Задача 22.3 #102953

Деревянная линейка длиной $l = 60$ см выдвинута за край стола на $1/4$ часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на её правом конце лежит груз массой не более 250 г (см. рисунок). На какое расстояние можно выдвинуть вправо за край стола эту линейку, если на её правом конце лежит груз массой 125 г?

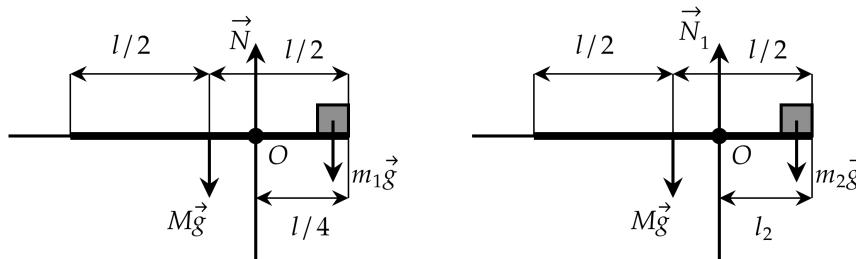


Дальний Восток



Решение

На линейку в обоих случаях действуют сила тяжести линейки, приложенная к ее середине, вес груза и сила реакции опоры стола.



Так как линейка в обоих случаях покоится, то можно записать правило моментов относительно точки O для первого случая:

$$Mg \cdot \frac{l}{4} = m_1g \cdot \frac{l}{4}, \Rightarrow M = m_1,$$

то есть масса линейки равна массе груза.

Во втором случае меняется длина выдвинутой части и она равна l_2 . Запишем



также правило моментов относительно точки O :

$$m_2 g l_2 = Mg \left(\frac{l}{2} - l_2 \right) \Rightarrow l_2 = \frac{Ml}{2(m_2 + M)}$$

С учётом, что $M = m_1$, максимальная масса равна:

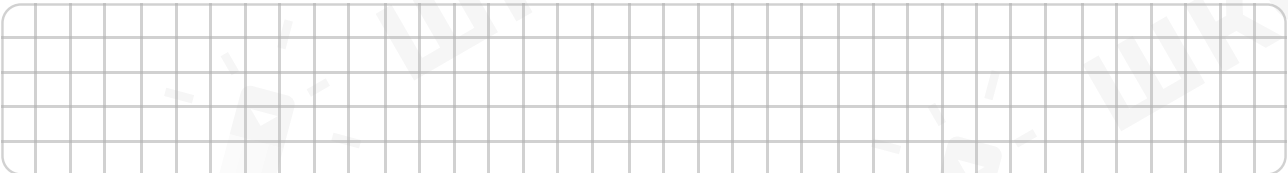
$$l_2 = \frac{m_1 l}{2(m_2 + m_1)} = \frac{0,25 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,375} = 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см.}$$



Задача 22.4 #102956

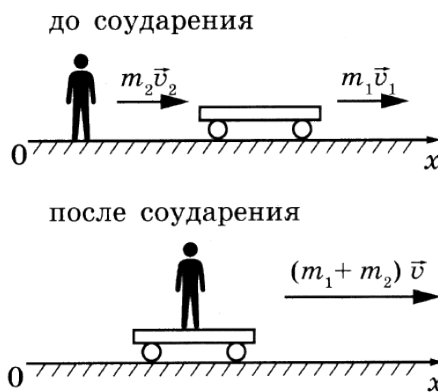
Тележка массой 50 кг движется со скоростью 1 м/с по гладкой горизонтальной дороге. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик массой 50 кг догонит тележку и запрыгнет на неё с горизонтальной скоростью 2 м/с относительно дороги?

Сибирь



Решение

Сделаем рисунок до соударения и после соударения.



Запишем закон сохранения импульса для системы тележка+мальчик:

$$m_2 \vec{v}_2 + m_1 \vec{v}_1 = (m_1 + m_2) \vec{v},$$

где m_1 и m_2 – масса тележки и мальчика соответственно, v_1 и v_2 – скорости тележки и мальчика до неупругого столкновения, v – скорость системы после соударения.

Спроецируем на ось x :

$$m_2 v_2 + m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v.$$

Отсюда

$$v = \frac{m_2 v_2 + m_1 v_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{50 \cdot 1 + 50 \cdot 2}{100} = 1,5 \text{ м/с.}$$

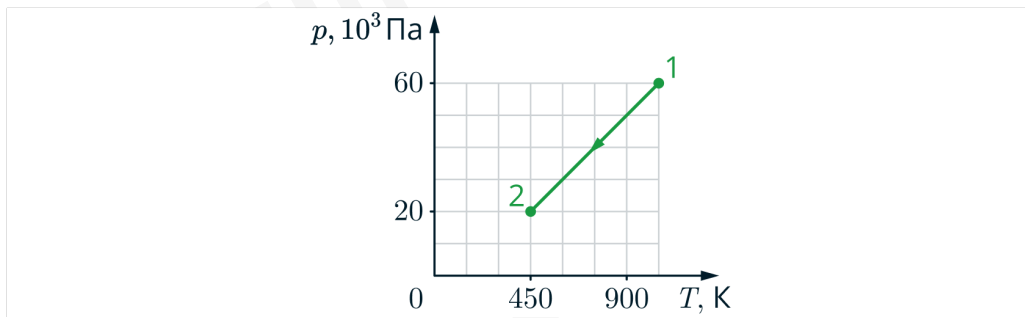


С учетом того, что $T_2 = 2T_1$:

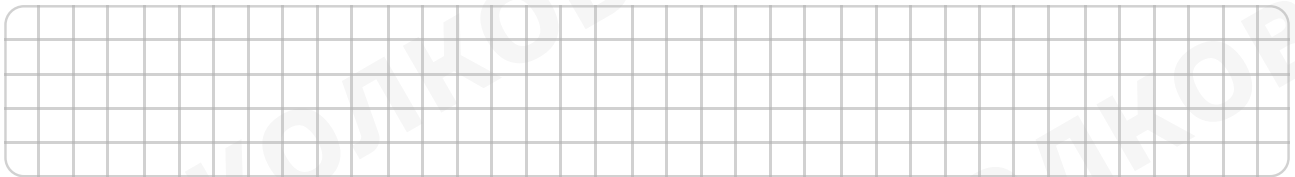
$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 0,6}{60 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 2} = 1$$

**Задача 23.2 #125781**

Известно, что в результате перехода разреженного воздуха в сосуде из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок) объем газа не изменился. Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



Дальний Восток

**Решение**

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для двух начала и конца опыта:

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

где p_i - давление газа в точке i , V_i - объем сосуда в точке i , ν_i - количество вещества в точке i , $R = 8,31$ Дж/(моль·К) - универсальная газовая постоянная, T_i - абсолютная температура в точке i .

Разделим одно уравнение на другое и выразим оттуда отношение $\frac{\nu_2}{\nu_1}$:

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{\nu_2 T_2}{\nu_1 T_1} \rightarrow \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1 T_2}$$

Количество вещества прямо пропорционально количеству молекул: $\nu = \frac{N}{N_A}$, где N - количество молекул, N_A - число Авогадро. С учетом того, что объем не менялся ($V_1 = V_2$):

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2}$$



С учетом того, что $T_2 = 2T_1$:

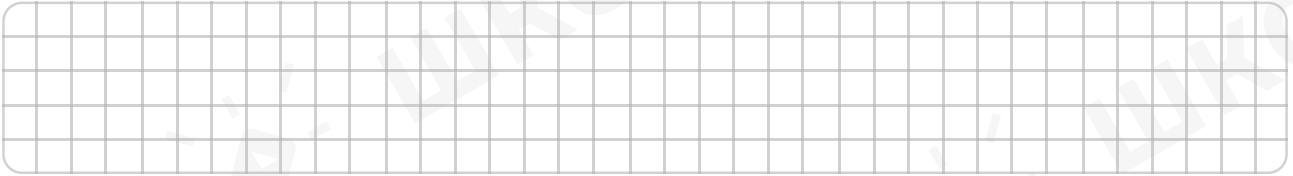
$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 900}{60 \cdot 10^3 \cdot 450} = \frac{2}{3}$$



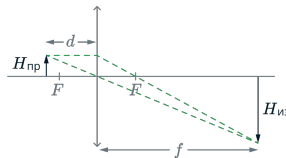
Задача 23.5 #78006

Тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 20$ см даёт действительное, увеличенное в 5 раз изображение предмета. На каком расстоянии от линзы находится предмет? Постройте изображение предмета в линзе.

Сибирь



Решение



Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

где d – расстояние от линзы до предмета, f – расстояние от линзы до изображения.

Увеличение равно:

$$\Gamma = \frac{H_{\text{из}}}{H_{\text{пр}}} = \frac{f}{d},$$

где $H_{\text{из}}$ – высота изображения, $H_{\text{пр}}$ – высота предмета.

Сделаем рисунок. Проведём луч, параллельно главной оптической оси, после преломления он должен пройти через фокус линзы (см. рис.). Также проведём луч через центр линзы, при этом он не преломляется (см. рис.).

По условию $\Gamma = 5$. Тогда

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} \Rightarrow d = \frac{F(\Gamma + 1)}{\Gamma}.$$

Подставим числа из условия

$$d = \frac{F(\Gamma + 1)}{\Gamma} = \frac{20 \text{ см}(5 + 1)}{5} = 24 \text{ см}.$$



правлении сил стала равна:

$$p_1 S - p_0 S - mg - F_{\text{тр}} = 0 \rightarrow p_1 S - p_0 S - mg - F = 0$$

Отсюда:

$$p_1 - p_0 = \frac{F + mg}{S} \rightarrow Q = \frac{3V(F + mg)}{2S}$$

Подставим числа:

$$Q = \frac{3 \cdot 10^{-3}(1 + 0,02 \cdot 10)}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 9 \text{ Дж}$$



Процесс 1-3 адиабатный, значит, работа газа равна

$$A_{13} = |\Delta U_{13}| = |U_3 - U_1|$$

КПД тепловой машины определяется как отношение полезной работы за цикл A_0 к количеству теплоты Q_+ , полученному от нагревателя: $\eta = \frac{A_0}{Q_+}$.

При изохорном охлаждении ($2 \rightarrow 3$) работа отсутствует ($A_{23} = 0$). При этом система отдает тепло: $Q_- = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_3)$.

Получается, что система получает тепло только в процессе $1 \rightarrow 2$: $Q_+ = Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$

Полезная работа за цикл: $A_0 = A_{12} - A'_{31}$.

КПД выражается как:

$$\eta = \frac{A_{12} - A'_{31}}{\frac{5}{2}A_{12}} = \frac{2}{5} \left(1 - \frac{A'_{31}}{A_{12}} \right) = 0.2$$

Откуда:

$$\frac{A'_{31}}{A_{12}} = 1 - 0.2 \cdot \frac{5}{2} = 0.5 \rightarrow \frac{A_{12}}{A'_{31}} = 2$$



НОСТИ:

$$F_l = ma_{ц.с.} \quad qvB = ma_{ц.с.} = \frac{mv^2}{R} \quad (2)$$

Выразим из (1) v

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

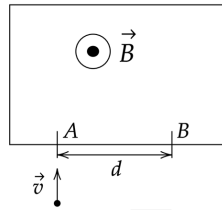
и подставим в (2)

$$B = \frac{mv}{qR} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{2mU}{q}} = \frac{1}{0,3 \text{ м}} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot 10^3 \text{ В}}{3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}} \approx 0,1 \text{ Тл}$$

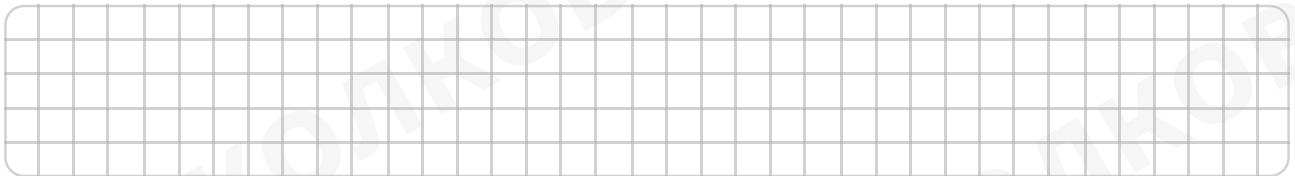


Задача 25.2 #125770

Пучок ионов попадает в камеру масс-спектрометра через отверстие в точке A со скоростью $v = 3 \cdot 10^4$ м/с, направленной перпендикулярно стенке AB . В камере создается однородное магнитное поле, линии вектора индукции которого перпендикулярны вектору скорости ионов. Двигаясь в этом поле, ионы попадают на мишень, расположенную в точке B на расстоянии 18 см от точки A (см. рисунок). Чему равна индукция магнитного поля B , если отношение массы иона к его заряду $\frac{m}{q} = 6 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл?



Дальний Восток



Решение

Так как частица залетит в точку A и вылетит в B , значит, частица совершит движение по полуокружности. Расстояние между точками A и B равно удвоенному радиусу. В магнитном поле на частицу действует сила Лоренца, равная $F_l = qvB \sin \alpha = qvB$, угол $\alpha = 90^\circ$, при этом движение будет осуществляться по дуге окружности с центростремительным ускорением:

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Магнитную индукцию можем найти из второго закона Ньютона:

$$F_l = ma \Leftrightarrow qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow B = \frac{mv}{qR}$$

При этом радиус равен $R = \frac{AB}{2} = \frac{0,18}{2} = 0,09$ м

Откуда магнитная индукция равна:

$$B = \frac{6 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^4}{0,09} = 0,2 \text{ Тл}$$

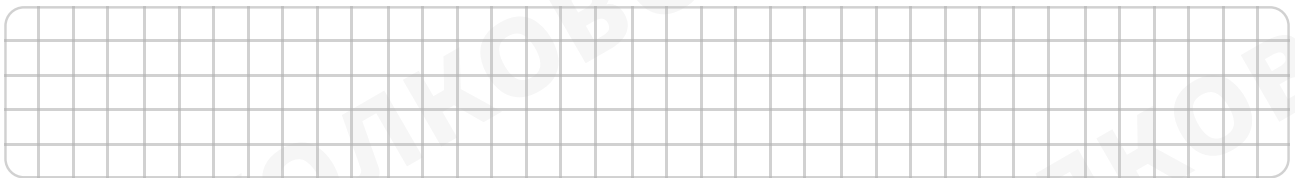


Задача 25.3 #125777

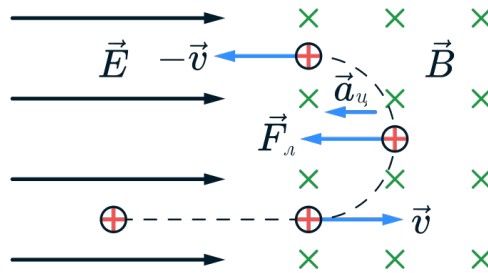
Изначально покоящаяся частица проходит через ускоряющую разность потенциалов $U = 5$ кВ. После она попадает в однородное магнитное поле $B = 2$ Тл, направленное перпендикулярно плоскости движения. Радиус траектории частицы в магнитном поле $R = 0,25$ м. Найдите отношение массы частицы к модулю её заряда.



Дальний Восток



Решение



При прохождении через ускоряющую разность потенциалов электрическое поле совершает работу над частицей, при этом частица приобретает кинетическую энергию:

$$A = E_{\text{кин}}$$

Здесь $A = qU$ - работа электрического поля, $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$ - кинетическая энергия частицы в момент попадания в магнитное поле.

$$qU = \frac{mv^2}{2}$$



Откуда квадрат скорости равен:

$$v^2 = \frac{2qU}{m}$$

Скорость же равна:

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

В магнитном поле частица совершит движение по полуокружности с радиусом R .

В магнитном поле на частицу действует сила Лоренца, равная $F_l = qvB \sin \alpha = qvB$, угол $\alpha = 90^\circ$, при этом движение будет осуществляться по дуге окружности с центростремительным ускорением:

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Запишем второй закон Ньютона:

$$F_l = ma \Leftrightarrow qvB = \frac{mv^2}{R}$$

Подставим квадрат скорости:

$$q\sqrt{\frac{2qU}{m}}B = \frac{m \cdot 2qU}{Rm}$$

Сократим величины и возведем в квадрат:

$$\frac{2qUB^2}{m} = \frac{4U^2}{R^2}$$

Откуда искомое отношение:

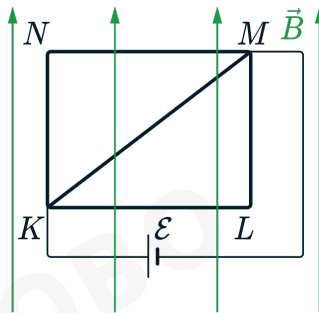
$$\frac{m}{q} = \frac{B^2 R^2}{2U}$$

$$\frac{m}{q} = \frac{2^2 \cdot 0,25^2}{2 \cdot 5 \cdot 10^3} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ кг/Кл}$$

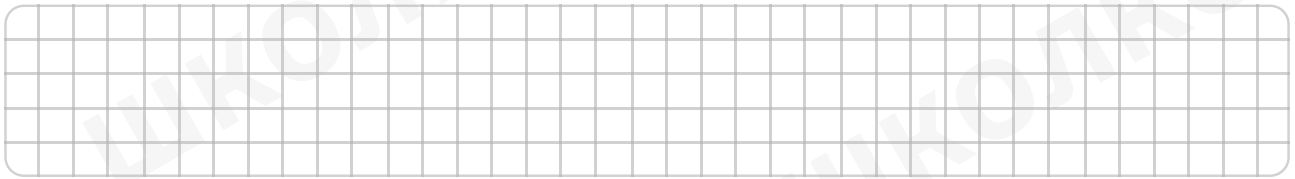


Задача 25.4 #14680

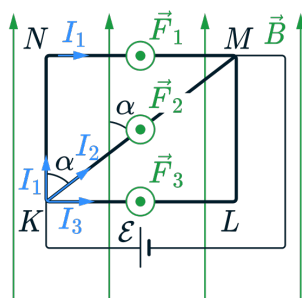
Из медной проволоки с удельным сопротивлением $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м и площадью поперечного сечения $S = 0,2$ мм² изготовлен прямоугольный контур KLMN с диагональю KM (см. рисунок). Стороны прямоугольника $KL = l_1 = 20$ см и $LM = l_2 = 15$ см. Контур подключили за диагональ к источнику постоянного 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.



Сибирь



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, сопротивления соответствующих проводников.

$$I_1 = I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R_1},$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2},$$



где $R_1 = \rho \frac{l_1 + l_2}{S}$, $R_2 = \rho \frac{l}{S}$, $l = KM = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}$ – 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: $F_1 = F_3 = I_1 B l_1$ и $F_2 = I_2 B l \sin \alpha$. 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

$$F = 2F_1 + F_2$$

Выполняя преобразования, получим

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

В итоге

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

Подставим числа из условия

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



То есть отношение мощностей:

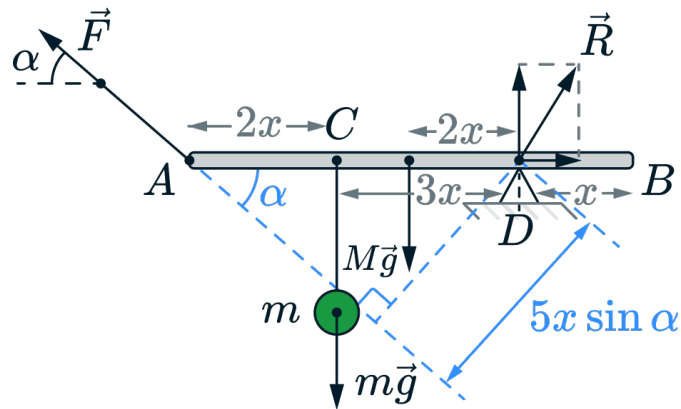
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2} = \left(\frac{R_{02} + r}{R_{01} + r} \right)^2 = \left(\frac{6 \text{ Ом} + 0,5 \text{ Ом}}{4,5 \text{ Ом} + 0,5 \text{ Ом}} \right)^2 = 1,69$$



3. Поскольку вращательное движение отсутствует, сумма моментов всех сил относительно любой точки равна нулю (условие отсутствия вращательного движения)
4. Нить, которой диск прикреплен к стержню, невесома, поэтому сила натяжения нити одинакова по всей ее длине
5. Диск массой m будем рассматривать моделью материальной точки, так как его размерами в условиях данной задачи можно пренебречь
6. Нить, связывающая динамометр и стержень, невесома, поэтому сила натяжения нити в каждой её точке одинакова. Её значение численно равно показаниям динамометра

Решение

Нарисуем схематически условие задачи с расстановкой всех сил, действующих на систему.



где F - сила, с которой действуют на динамометр, $M\vec{g}$ - сила тяжести, действующая на рычаг, R - сила реакции опоры, $m\vec{g}$ - сила тяжести, действующая на диск. Рассмотрим вращение относительно точки D . Запишем уравнение моментов.

$$Mg \cdot 2x + mg \cdot 3x - F \cdot 5x \cdot \sin \alpha = 0,$$

$$M = \frac{5F \sin \alpha - 3mg}{2g} = \frac{5 \cdot 3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 3 \cdot 0,25 \cdot 10}{2 \cdot 10} = 0,16 \text{ кг.}$$

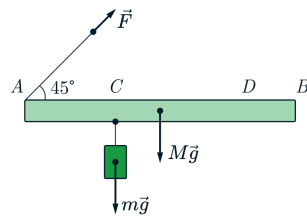


5. Диск массой m будем рассматривать моделью материальной точки, так как его размерами в условиях данной задачи можно пренебречь

6. Нить, связывающая динамометр и стержень, невесома, поэтому сила натяжения нити в каждой её точке одинакова. Её значение численно равно показаниям динамометра

Решение

Нарисуем схематически условие задачи с расстановкой всех сил, действующих на систему.



где F - сила, с которой действуют на динамометр, $M\vec{g}$ - сила тяжести, действующая на рычаг, R - сила реакции опоры, $m\vec{g}$ - сила тяжести, действующая на диск. Рассмотрим вращение относительно точки D . Запишем уравнение моментов относительно точки D .

$$Mg \cdot 2x + mg \cdot 3x - F \cdot 5x \cdot \sin 45^\circ = 0,$$

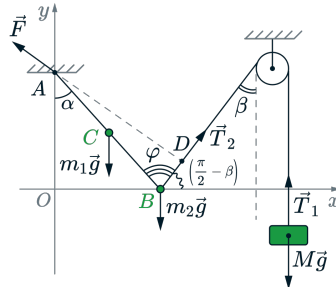
$$m = \frac{5F \sin 45^\circ - 2Mg}{3g} = \frac{5 \cdot 1,6 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 2 \cdot 0,04 \cdot 10}{3 \cdot 10} = 0,16 \text{ кг.}$$



7. Нить невесома, блок идеален (масса блока пренебрежимо мала, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

Решение

Сделаем рисунок с указанием всех сил



Из рисунка можно найти угол φ . Угол ABO равен $\frac{\pi}{2} - \alpha$, тогда $\varphi = \pi - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \alpha + \beta$

Так как нить нерастяжимая $T_1 = T_2$.

Из второго закона Ньютона, записанного для груза M в проекции на вертикальную ось:

$$T_2 - Mg = 0 \rightarrow T_2 = Mg$$

Момент силы можно найти по формуле: $M = Fl$, где F - сила, а l - её плечо до рассматриваемой оси вращения.

Запишем правило моментов относительно точки A . В точке C действует сила тяжести m_1g , в точке B действует сила тяжести m_2g и сила натяжения нити, равная Mg . Моменты сил тяжести направлены по часовой стрелке, а момент силы натяжения нити - против часовой стрелки:

$$-m_1g \cdot AC \sin \alpha - m_2g \cdot AB \sin \alpha + Mg \cdot AB \sin(\alpha + \beta) = 0$$

Отсюда

$$-m_1g \cdot b \sin \alpha - m_2g \cdot l \sin \alpha + Mg \cdot l \sin(\alpha + \beta) = 0$$

Откуда l

$$l = \frac{m_1g \sin \alpha \cdot b}{Mg \sin(\alpha + \beta) - m_2g \sin \alpha} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot \sin 30^\circ \cdot 25 \text{ см}}{0,1 \text{ кг} \cdot \sin 60^\circ - 0,1 \text{ кг} \cdot \sin 30^\circ} \approx 68,3 \text{ см}$$



вого груза совпадает с ускорением второго (в первом случае), тогда в проекциях на ось x второй закон Ньютона примет вид

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

Сложим 2 уравнения и выразим массу второго груза

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

3. Запишем второй закон Ньютона для второго случая

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

Сложим уравнения системы, выразив ускорение, с учетом того, что сила Архимеда равна $F_{\text{арх}} = \rho g V$, а масса второго груза $m_2 = \frac{m_1(g - a)}{g + a}$.

$$m_1 = g \cdot \frac{m_1(g - a)}{g + a} + \rho g V$$

Выразим искомую массу:

$$m_1 = \frac{\rho V(g + a)}{2a} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 12}{2 \cdot 2} = 0,45 \text{ кг}$$



Выразим начальную скорость гранаты из второго уравнения.

$$v_0 = \frac{v_1 - v_2}{2}$$

Подставим в первое уравнение системы

$$\frac{2m(v_1 - v_2)^2}{4 \cdot 2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

Выразим изменение кинетической энергии за счет взрыва

$$\Delta E = \frac{m(2v_1^2 + 2v_2^2 - v_1^2 + 2v_1v_2 - v_2^2)}{4} = \frac{m(v_1 + v_2)^2}{4} = \frac{4 \text{ кг}(10 \text{ м/с} + 5 \text{ м/с})^2}{4} = 225 \text{ Дж}$$