

Задачи с ДВ

Составитель подборки – Кормашов Григорий Константинович

Составитель подборки – Кондрашкин Артем Витальевич

Задача №4

Прикрепленный к пружине груз колеблется вдоль горизонтальной оси Ox . На основании данных, предоставленных в таблице, выберите **все** верные утверждения и укажите их номера.

$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
$x, \text{ мм}$	0	2	5	10	13	15	13	10	5	2

$t, \text{ с}$	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, \text{ мм}$	0	−2	−5	−10	−13	−15	−13

- 1) Период колебаний шарика равен 2,0 с.
- 2) Потенциальная энергия пружины в момент времени 3,0 с максимальна.
- 3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 1,0 с минимальна.
- 4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
- 5) Полная механическая энергия маятника из шарика и пружины остаётся неизменной.

Ответ: 235.

Решение:Утверждение 1 – **Неверно**

- 1) Как видно из таблицы период колебаний равен 4,0 с.

Утверждение 2 – **Верно**

- 2) Да, т.к. растяжение пружины максимально.

Утверждение 3 – **Верно**

- 3) В момент времени $t = 1,0$ с потенциальная энергия пружины максимальна, следовательно, кинетическая энергия минимальна.

Утверждение 4 – **Неверно**

- 4) Амплитуда равна 15 мм.

Утверждение 5 – **Верно**

- 5) Полная механическая энергия не изменяется во время процесса.

Задача №5

В результате перехода межпланетного летательного аппарата с одной круговой орбиты вокруг Марса на другую центростремительное ускорение аппарата увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода скорость движения аппарата по орбите и период обращения вокруг Марса?

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.

Скорость движения аппарата по орбите	Период обращения аппарата вокруг Марса
1	2

Решение:

На спутник действует только сила притяжения со стороны Земли. Второй закон Ньютона приобретает вид:

$$ma = G \frac{M_{\text{Марса}} m}{R^2}$$

где $M_{\text{Марса}}$ - масса Марса, m - масса летательного аппарата, R - расстояние между центрами тел.

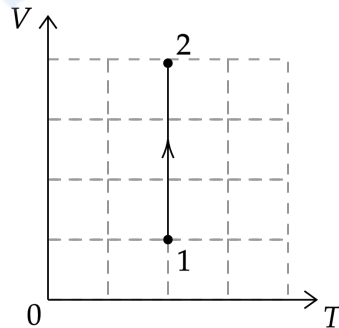
Отсюда видно, что если центростремительное ускорение увеличивается, то радиус орбиты уменьшается.

Ускорение через скорость выражается формулой: $a = \frac{v^2}{R}$. Подставляя ускорение из второго закона Ньютона получаем: $v^2 = \frac{GM_{\text{Марса}}}{R}$. Следовательно, скорость увеличивается.

Период обращения выражается через формулу: $T = \frac{2\pi R}{v}$. Т.к. скорость увеличивается, а радиус орбиты уменьшается, то период уменьшается.

Задача №9

На V -диаграмме показан процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа. Газ в этом процессе совершил работу, равную 6 кДж. Какое количество теплоты получил газ?



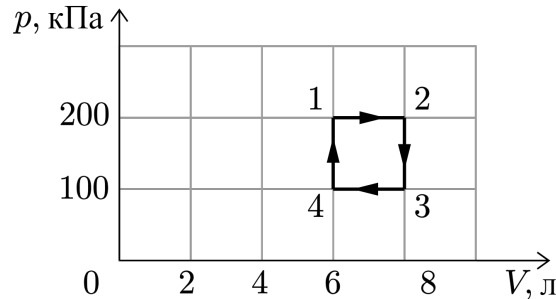
Ответ: 6 кДж.

Решение:

Т.к. изменение внутренней энергии (температура в процессе не меняется) равно нулю, то из первого закона термодинамики $A = \Delta U + Q$ получаем, что количество теплоты, которое получил газ, равно работе, которую совершил газ.

Задача №10

С идеальным газом происходит циклический процесс 1-2-3-4-1, pV -диаграмма которого представлена на рисунке. Максимальная температура, достигаемая газом в этом процессе, составляет 400 К. На основании анализа этого циклического процесса выберите все верные утверждения.



- 1) Количество вещества газа, участвующего в циклическом процессе, превышает 0,5 моля.
- 2) Работа газа при его изобарном расширении равна 400 Дж.
- 3) Работа, совершённая над газом при его изобарном сжатии, равна 100 Дж.
- 4) На участке 2-3 газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 5) Минимальная температура газа в циклическом процессе равна 100 К.

Ответ: 24.

Решение:

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT,$$

где ν – количество вещества, T – температура.

Отсюда температура:

$$T = \frac{pV}{\nu R},$$

То есть максимум достигается в точке 2, так как там и давление и объём максимальны.

1) **Неверно**

Из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$\nu = \frac{p_2 V_2}{RT_2} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 400} \approx 0,48 \text{ моль}$$

2) **Верно**

Изобарное расширение 1-2, работу можно найти как площадь под графиком:

$$A_{12} = 200 \cdot 10^3 \cdot (8 - 6) \cdot 10^{-3} = 400 \text{ Дж}$$

3) Неверно

Изобарное сжатие 3-4, работу можно найти как площадь под графиком:

$$A_{12} = 100 \cdot 10^3 \cdot (8 - 6) \cdot 10^{-3} = 200 \text{ Дж}$$

4) Верно

Запишем первое начало термодинамики:

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

где ΔU – изменение внутренней энергии, A – работа газа.

В процессе 2-3 объём постоянен, значит, работа газа равна нулю.

При этом $\Delta U \sim T$, а по закону Шарля:

$$\frac{p}{T} = \text{const},$$

тогда при уменьшении давления температура также уменьшается и $\Delta U < 0$, $Q < 0$.

5) Неверно

Из уравнения Менделеева-Клапейрона минимальная температура будет в точке 4, при этом

$$T_4 = \frac{p_4 V_4}{\nu R}$$
$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{\nu R},$$

Тогда

$$T_4 = \frac{p_4 V_4}{p_2 V_2} T_2 = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{200 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} 400 = 150 \text{ К}$$

Задача №12

Сила тока, текущего по проводнику равна 6 А. Какой заряд пройдет по проводнику за 24 с.

Ответ: 144 Кл.

Решение:

Сила тока и заряд связаны формулой:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Откуда заряд:

$$\Delta q = I \Delta t = 6 \cdot 24 = 144 \text{ Кл}$$

Задача 13

Проволочная рамка площадью 10^{-3} м^2 вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, перпендикулярной вектору магнитной индукции. Магнитный поток, пронизывающий площадь рамки, изменяется по закону $\Phi = 2 \cdot 10^{-7} \cos 2\pi t$, где все величины выражены в СИ. Чему равен модуль магнитной индукции? Ответ дайте в мТл.

Ответ: 0,2 мТл .

Решение:

Поток равен:

$$\Phi = BS,$$

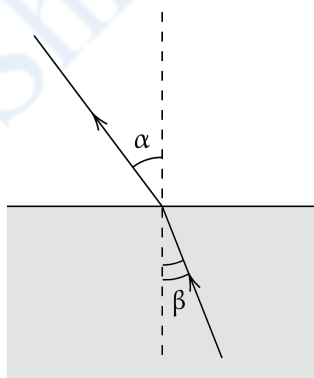
где S – площадь рамки.

Откуда модуль магнитной индукции

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \text{ Вб}}{10^{-3} \text{ м}^2} = 0,2 \text{ мТл}$$

Задача №16

Плоская световая волна переходит из глицерина в воздух (см. рисунок).



Что происходит при этом переходе со скоростью распространения световой волны и с длиной волны?

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.

Скорость распространения волны	Длина волны
1	1

Решение:

При переходе из одной среды в другую частота света остается неизменной, при этом изменяется скорость и длина волны.

При этом длина волны определяется формулой:

$$\lambda = \frac{v}{\nu},$$

где ν – частота, v – скорость распространения волны.

Задача 19

Ядро претерпевает электронный α -распад. Как изменятся следующие физические величины: массовое число и ядра и число протонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Массовое число	Число протонов

Ответ: 22.

Решение:

При α -распаде из ядра вылетает ядро атома гелия ${}^4_2\alpha$, значит массовое число уменьшится на 4, а зарядовое уменьшится на 2. Зарядовое число это число протонов. Значит, и массовое число и число протонов уменьшается

Задача №23

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить коэффициент трения скольжения алюминия по дереву. Для этого школьник взял деревянную рейку и прикрепил к столу. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) Линейка
- 2) Мензурка
- 3) Динамометр
- 4) Алюминиевый брусок
- 5) Пластмассовая рейка

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ: 34.

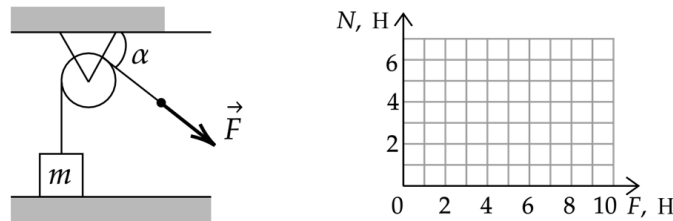
Решение:

Для определения коэффициента трения скольжения алюминия по дереву кроме деревянной рейки необходимы алюминиевый брусок (4) и динамометр (3). Рейка нужна, чтобы была деревянная поверхность. С помощью динамометра, прикладывая горизонтальное усилие, брусок равномерно перемещается по рейке. В этом процессе динамо-

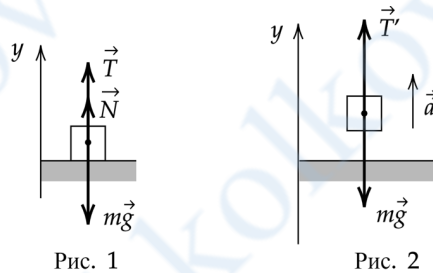
метр показывает силу трения скольжения. Затем брусок подвешивается вертикально на динамометре, тот показывает вес бруска. Отношение силы трения к весу равно коэффициенту трения скольжения.

Задача №24

Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,4$ 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. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



Решение



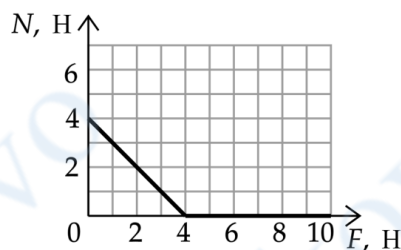
В начале сила натяжения нити, равная силе F будет меньше, чем сила $mg = 4$ Н, поэтому по второму закону Ньютона

$$F - mg + N = ma$$

пока тело покоится, ускорение равно нулю, при $F = 0$, $N = mg = 4$ Н.

При силе от 0 до 4 Н, $N = mg - F$

При силе больше 4 Н, груз начнет отрываться от стола и двигаться с ускорением, а сила реакции опоры станет равна 0.



Задача №25

В калориметр с водой температуры $t_o = 15^\circ C$ и массой 400 г бросают лед массой 50 г при температуре $t = 0^\circ C$. Определите будет ли плавать в воде лёд при наступлении теплового равновесия. (Ответ дайте в граммах.)

Решение

Вода охлаждается за счет того, что отдает теплоту льду, при этом, кусок льда плавится. Запишем уравнение теплового баланса:

$Q_1 = cm\Delta t$ - количество теплоты, отданное водой

$Q_2 = \lambda m_{\text{л}}$

$$Q_1 = 4200 \cdot 0,4 \cdot 20 - 0 = 25200 \text{ Дж}$$

$$Q_2 = 330 \cdot 10^5 \cdot 0,05 = 16500 \text{ Дж}$$

Поскольку количество теплоты, которое может отдать вода при охлаждении до 0 больше, чем необходимая теплота для плавления льда, то лед полностью растает.

Задача №26 (пока не уверены)

На дифракционную решётку с периодом 1,2 мкм, перпендикулярно её поверхности падает узкий луч монохроматического света с длиной волны 380 нм. Сколько всего максимумов можно получить на экране рядом с решеткой?

Решение

Формула дифракционной решетки:

$$d \sin \varphi = m\lambda$$

d – период дифракционной решетки, m – порядок дифракционного максимума, λ – длина волны, φ – угол наблюдения данного максимума.

Поскольку нам необходимо найти наибольшее число максимумов, то максимальный синус равен 1, следовательно:

$$m_{\max} = \frac{d}{\lambda} = \frac{1,2 \cdot 10^{-6}}{380 \cdot 10^{-9}} = 3,2$$

То есть наибольший максимум, который мы можем увидеть это 3. Поскольку относительно центра картина симметричная и с учетом главного максимум, общее число максимум будет равно:

$$N = 2 \cdot 3 + 1 = 7$$

Задача №27

В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения S , ограниченном сверху подвижным поршнем массой $M = 1$ кг, находится воздух при комнатной температуре. Первоначально поршень находился на высоте $H = 13$ см от дна сосуда. Если на поршень положить груз массой $m = 0,5$ кг, то он окажется на высоте $h = 12$ см от дна сосуда. Определите площадь поперечного сечения поршня. Воздух считать идеальным газом, а его температуру – неизменной. Атмосферное давление принять равным 10^5 Па. Трение между стенками сосуда и поршнем не учитывать.

Решение



где p_1 – давление газа без груза, p_2 – давление газа при добавлении груза, p_0 – атмосферное давление.

Запишем второй закон Ньютона до и после добавления груза в проекции на вертикальную ось, с учетом того, что поршень покоится

$$\begin{cases} Mg + p_0 S - p_1 S = 0 & (1) \\ Mg + p_0 S - p_2 S + mg = 0. & (2) \end{cases}$$

Также запишем уравнение Менделеева-Клапейрона

$$p_1 V_1 = \nu RT, \quad (3)$$

$$p_2 V_2 = \nu RT, \quad (4)$$

где V_1 – начальный объём газа, ν – количество вещества, T – температура газа, V_2 – конечный объём газа.

Объёмы газов равны:

$$V_1 = HS \quad V_2 = hS \quad (5)$$

Объединяя (3) – (5), получаем

$$p_1 H = p_2 h. \quad (6)$$

(Данный вывод также можно было получить из того, что процесс изотермический и воспользоваться законом Бойля-Мариотта). Приравняем (1) и (2)

$$Mg + p_0 S - p_1 S = (M + m)g + p_0 S - p_2 S \Rightarrow (p_2 - p_1)S = mg.$$

С учётом (6)

$$\left(p_2 - p_2 \frac{h}{H}\right) = mg \Rightarrow p_2 = \frac{mgH}{S(H - h)}.$$

Подставим в (2)

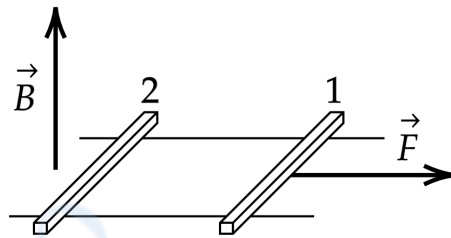
$$\begin{aligned} (M + m)g + p_0 S &= p_2 S \Rightarrow (M + m)g + p_0 S = \frac{mgH}{H - h} \Rightarrow \\ S &= \frac{mgH - MgH - mgh + (M + m)gh}{(H - h)p_0} = \frac{(M + m)gh - MgH}{(H - h)p_0} \end{aligned}$$

Подставим числа из условия

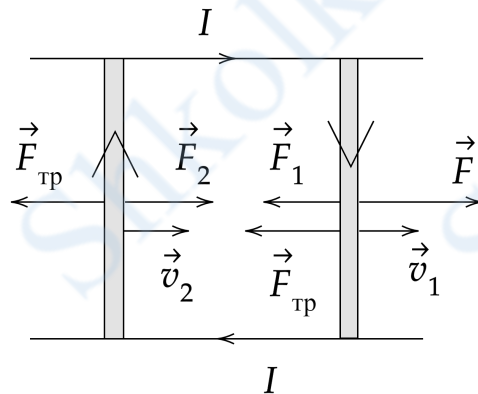
$$S = \frac{(1 \text{ кг} + 0,5 \text{ кг}) \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,12 \text{ м} - 1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,13 \text{ м}}{10^5 \text{ Па}(0,13 \text{ м} - 0,12 \text{ м})} = 5 \text{ см}^2$$

Задача №28

По горизонтально расположенным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой $m = 100$ г и сопротивлением $R = 0,1$ Ом каждый. Расстояние между рельсами $l = 10$ см, а коэффициент трения между стержнями и рельсами $\mu = 0,1$. Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.



Решение



При движении стержней с разными скоростями изменение потока вектора магнитной индукции, пронизывающего контур, за промежуток времени Δt определяется по формуле $\Delta\Phi = Bl(v_1 - v_2)\Delta t = Blv_{\text{отн}}\Delta t$, что приводит к возникновению в контуре ЭДС индукции. Согласно закону Фарадея $E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -Blv_{\text{отн}}$.

Здесь мы пренебрегли самоиндукцией контура. В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре появился ток

$$I = \frac{|E|}{2R} = \frac{Blv_{\text{отн}}}{2R}$$

На проводники с током в магнитном поле действуют силы Ампера F_1 и F_2 , $F_1 = F_2 = IBl$, как показано на рисунке. Кроме этих сил, на каждый стержень действует тормозящая сила трения, $F_{\text{тр}} = \mu mg$

Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю. На второй стержень действуют только сила Ампера F_2 и сила трения, поэтому $\frac{(Bl)^2 v_{\text{отн}}}{2R} = \mu mg$. Отсюда: относительная скорость

$$v_{\text{отн}} = \frac{2\mu mgR}{(Bl)^2} = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 0,1}{(1 \cdot 0,1)^2} = 2 \text{ м/с}$$

Задача №29

На идеальное зеркало перпендикулярно ему падают лучи монохроматического света. При их отражении возникает сила давления F , действующая на зеркало. Найти F , если мощность падающего света $P = 300$ кВт.

Решение

При зеркальном отражении света, происходит изменение направления светового пучка, при этом изменение импульса будет равно Δp . Это изменение можно найти по следующей формуле:

$$\Delta p = F \Delta t$$

Мощность падающего света, это энергия падающих фотонов в единицу времени:

$$P = \frac{Nh\nu}{\Delta t}$$

Поскольку импульс светового пучка изменился на противоположный, то изменение импульса равно:

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_1 - (\vec{p}_2)$$

При зеркальном отражении $\vec{p}_1 = -\vec{p}_2$, тогда

$$\Delta \vec{p} = -2\vec{p}_1$$

$$\Delta p = 2p_1$$

Сила будет равна:

$$F = \frac{\Delta p N}{\Delta t} = \frac{2p_1 N}{\Delta t}$$

Импульс фотона:

$$p_1 = \frac{h\nu}{c}$$

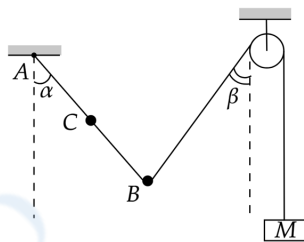
$$F = \frac{2h\nu N}{\Delta t c}$$

С учетом формулы мощности, получим:

$$F = \frac{2P}{c}$$

Задача №30

Невесомый стержень AB с двумя малыми грузиками массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 100$ г, расположенными в точках C и B соответственно, шарнирно закреплён в точке A . Груз массой $M = 100$ г подвешен к невесомому 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 $\alpha = 30^\circ$, а нить составляет угол с вертикалью, равный $\beta = 30^\circ$. Расстояние $AC = b = 25$ см. Определите длину l стержня AB . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз M и стержень. Какие законы Вы используете для решения задачи? Обоснуйте их применение.

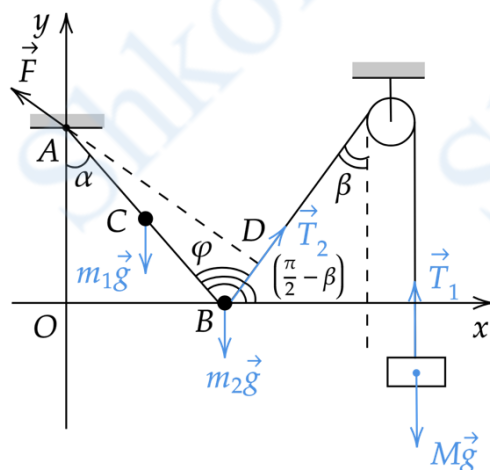


Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО). 2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным). 3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два; одно - для поступательного движения, другое - для вращательного движения. 4. В качестве оси, относительно которой будем считать сумму моментов сил, действующих на стержень, выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через точку шарнирного крепления (точку A). 5. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

Решение

Сделаем рисунок с указанием всех сил: (см. следующий лист)



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

$$T_1 - Mg = 0.$$

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 . Поскольку нить невесома, а блок идеален, то $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$. 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:

$$m_1g \cdot b \sin \alpha + m_2g \cdot l \sin \alpha - T \cdot AD = 0$$

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

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

получим:

$$l = \frac{m_1 \cdot b \sin \alpha}{M \sin(\alpha + \beta) - m_2 \sin \alpha} = \frac{200 \cdot 25 \cdot \frac{1}{2}}{100 \frac{\sqrt{3}}{2} - 100 \cdot \frac{1}{2}} \approx 68,3 \text{ cm.}$$

Ответ: $l \approx 68,3$ см.