

1

387061

Регистрационный номер

НИЯУ МИФИ

Площадка написания

ГБОУ №2004

Школа

Фамилия МыкинИмя АлексейОтчество Сергеевич

245

(не заполнять)

Подпись

«Утверждаю»

Председатель оргкомитета олимпиады

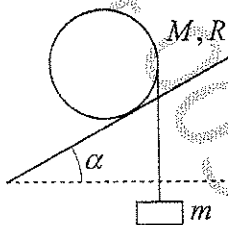
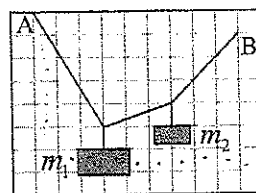
НИЯУ МИФИ, РУТ (МИИТ), ННТУ им. Р.Е.Алексева, Самарский университет, СПБГЭТУ «ЛЭТИ»,
БГТУ им. В.Г.Шухова, ВлГУ

«Инженерная олимпиада школьников», Заключительный тур, 10 класс

1 вариант

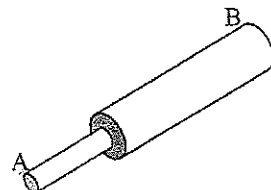
1. Когда в настольную лампу, рассчитанную на работу в бытовой электрической сети, вставили лампочку номинальной мощностью $P_1 = 60$ Вт, оказалось, что в соединительных проводах лампы выделяется мощность $P_2 = 10$ мВт. Пренебрегая сопротивлением соединительных проводов по сравнению с сопротивлением лампочки, найти, какая мощность будет выделяться в соединительных проводах при использовании лампочки номинальной мощностью $P_3 = 100$ Вт.

2. Концы невесомой веревки закреплены в точках А и В (см. рисунок). К веревке привязали два груза массами m_1 и m_2 . По приведенному рисунку найти отношение масс грузов m_1/m_2 .

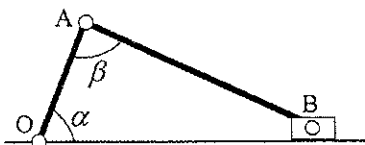
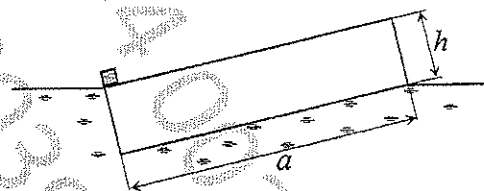


3. На однородный цилиндр радиуса R и массы M намотана невесомая нить, к концу которой привязано тело массы m . Цилиндр аккуратно кладут на наклонную плоскость, по которой он может катиться без проскальзывания, так, что его образующая перпендикулярна направлению быстрого спуска с плоскости (см. рисунок). При каком угле наклона плоскости α цилиндр будет двигаться вверх по плоскости?

4. Тело сварено из двух стержней одного и того же материала. Радиусы поперечных сечений стержней отличаются вдвое, длина более толстого стержня втрое больше длины более тонкого (см. рисунок). Тело нагрето так, что его температура меняется по линейному закону от значения T на тонком конце А до значения $2T$ на толстом конце В. Найти температуру тела после установления равновесия. Потерями тепла в окружающее пространство пренебречь.



5. С помощью квадратного пласта плотности ρ перевозят грузы. Точечный груз ставят на самый край пласта, и пласт занимает такое положение, что его противоположные края оказываются на поверхности воды (см. рисунок)? Найти отношение высоты пласта h к его ширине a (см. рисунок). Плотность воды ρ_0 известна. При любой ли плотности пласта ρ его можно расположить в воде так, как показано на рисунке (при некоторой массе тела)?



6. Кривошипно-шатунный механизм состоит из кривошипа ОА (стержня, прикрепленного к шарниру О), шатуна АВ (стержня, шарнирно прикрепленного к кривошипу в точке А) и ползуна В (точечной детали, способной перемещаться вдоль поверхности и шарнирно связанного с шатуном). Известно, что механизм находится в равновесии в положении, показанном на рисунке. Найти коэффициент трения между ползуном и поверхностью, если $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 90^\circ$, массы кривошипа и шатуна одинаковы, масса ползуна пренебрежимо мала.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по инженерная олимпиада

Дата 27 февраля 2022

Вариант № 1

Площадка написания:

НИЯУ МИФИ

ФИО и рег. номер не
указывать!

ОЦЕНКА

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись
25	25	2	2	4	2	8	Кор

54

Решение: т.к. при удалении от точки А, стержень „равномерно“ становится теплее (по условию), то очевидно, что температура стержня прямо пропорциональна удаленности точки стержня от точки А. Тогда при составлении теплового баланса, мы должны брать средние температуры стержней. Температура в точке сварения двух стержней: $\frac{T+2T}{4} = \frac{T+2T}{4}$. Пусть вся деталь имеет длину 4ℓ . Тогда на каждую длину ℓ , тем-ра увеличивается на $\frac{2T-T}{4} = \frac{T}{4}$. Тогда в точке сварения, тем-ра детали - $T + \frac{T}{4} = \frac{5T}{4}$. Тогда мы можем найти среднюю температуру малого стержня и большого.

Малого:

Большого:

$$T_M = \frac{T + \frac{5T}{4}}{2} = \frac{9T}{8} \quad T_B = \frac{\frac{5T}{4} + 2T}{2} = \frac{13T}{8}$$

Пусть ρ - плотность стержней, R - радиус малого стержня ($\Rightarrow 2R$ - радиус большого), S - теплоёмкость стержней, ранее допустим; вся длина - $4\ell \Rightarrow \ell$ - длина малого, а 3ℓ - большого.

$$m = \rho V$$

$$m = \rho \cdot S \cdot \ell \Rightarrow m = \rho \cdot \pi R^2 \cdot \ell - \text{масса меньшего стержня}$$

$$\Rightarrow M_m = \rho \pi R^2 \cdot \ell, \quad M_B = \rho \cdot \pi \cdot 4R^2 \cdot 3\ell = 12 \pi R^2 \cdot \ell \rho$$

Ур-ние тепл. баланса

$$C \rho \pi R^2 \ell (T_y - T_M) = C \rho 12 \pi R^2 \ell (T_B - T_y)$$

$$T_y \cdot \frac{9T}{8} = 12 \cdot \frac{13T}{8} - 12 T_y$$

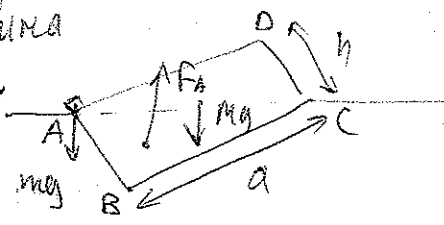
$$13 T_y = \frac{12 \cdot 13T + 9T}{8}$$

$$T_y = \frac{12 \cdot 13T + 9T}{8 \cdot 13} \Rightarrow T_y = \frac{165}{104} T$$

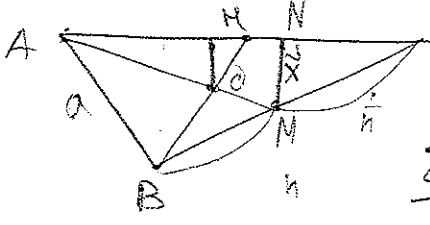
Ответ: $\frac{165}{104} \cdot T$

Дано: $\rho, \rho_0, \frac{h}{a} = ?$ Решение: $\rightarrow 5$

I. очевидно, что ровно половина шота погрузилась в воду, тогда силы расставлены так, что Mg (M -масса шота) действует из центра масс шота, m_0g (m_0 -масса груза) действует из точки груза, F_A из центра масс нижнего треугольника (Если смотреть "сбоку")



2. $\triangle ABC$. O - ц. масс (точка пересечения медиан)



Найдём AM (ON - перпендикуляр на AC)
Проведём MN , $MN \perp AC$.

Из подобия: $x = MN$

$$\frac{2\sqrt{a^2+h^2}}{h} = \frac{a}{x} \Rightarrow x = \frac{ah}{2\sqrt{a^2+h^2}}$$

$$OM = \frac{2}{3}MN \text{ (также из подобия)} \Rightarrow OM = \frac{ah}{3\sqrt{a^2+h^2}}$$

$$AM = \sqrt{a^2 + \frac{h^2}{4}} \Rightarrow AO = \frac{2}{3}\sqrt{a^2 + \frac{h^2}{4}}$$

В $\triangle AOM$:

$$AM = \sqrt{\frac{4}{9}a^2 + \frac{h^2}{9} + \frac{a^2h^2}{9a^2+9h^2}}$$

3. AM - расстояние от груза до прямой действия силы Архимеда. $\frac{\sqrt{a^2+h^2}}{2}$ - расстояние до пр-й силы тяжести.

$$\Rightarrow F_A \cdot AM = \frac{\sqrt{a^2+h^2}}{2} \cdot mg; \quad F_A = \rho_0 \cdot \frac{V}{2} g$$

$$mg = \rho V g$$

тогда $\frac{h}{a} = \sqrt{x}$

$$\Rightarrow \frac{h}{a} = \sqrt{\frac{3\rho - 2\rho_0}{\rho_0 - 3\rho}}$$

$$\sqrt{\frac{4a^2+h^2}{9} + \frac{a^2h^2}{9a^2+9h^2}} = \frac{a}{2} = \rho \cdot \frac{\sqrt{a^2+h^2}}{2}$$

~~$\left(\frac{4a^2+h^2}{9} + \frac{a^2h^2}{9a^2+9h^2}\right) \rho_0 = \rho \cdot (a^2+h^2)$~~ Пусть $\frac{h}{a} = x$.

II. Пусть масса груза m .

$$\Rightarrow mg + \rho V g = \rho_0 \frac{V}{2} g$$

~~$m = \frac{\rho_0 - 2\rho}{2} V$~~

$$m = \frac{V}{2} (\rho_0 - 2\rho)$$

\Rightarrow Если $\rho > \frac{\rho_0}{2}$, то $m < 0$, что невозможно. \Rightarrow не при любой ρ такое возможно.

$$\sqrt{\frac{(4a^2+h^2)(a^2+h^2) - a^2h^2}{9a^2+9h^2}} \cdot \rho_0 = \rho \cdot \sqrt{a^2+h^2}$$

$$\sqrt{4a^4 + 4a^2h^2 + a^2h^2 + h^4 - a^2h^2} \cdot \rho_0 = \rho \cdot \sqrt{a^2+h^2}$$

$$3 \cdot \sqrt{a^2+h^2} (2a^2+h^2) \rho_0 = 3(a^2+h^2) \cdot \rho \quad | : a^2$$

$$2\rho_0 + \frac{h^2}{a^2} \rho_0 = 3\rho + 3\frac{h^2}{a^2} \rho \quad \left(\frac{h^2}{a^2} = x\right)$$

$$2\rho_0 + x\rho_0 - 3x\rho = 3\rho$$

$$x(\rho_0 - 3\rho) = 3\rho - 2\rho_0$$

$$x = \frac{3\rho - 2\rho_0}{\rho_0 - 3\rho}$$



Работа по инженерная олимпиада

Дата 27 февраля 2022

Вариант № 1

Площадка написания:

НИЯУ МИФИ

ФИО и рег. номер не
указывать!

ОЦЕНКА

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

Составим уравнения
на OX и на OY

Ox:

$$T_1 \cos \alpha_1 + T_2 \sin \beta_1 = T_1 \cos \alpha_2 + T_2 \cos \beta_2 (x)$$

Oy:

$$T_1 \sin \alpha_1 + T_1 \sin \alpha_2 = m_1 g (1)$$

$$T_2 \cos \beta_1 + T_2 \sin \beta_2 = m_2 g (2)$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{5}{\sqrt{5^2 + 3^2}}$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{3}{\sqrt{5^2 + 3^2}}$$

~~$$\cos \alpha_1 = \sin \alpha_2 = \frac{1}{\sqrt{1^2 + 3^2}}$$~~

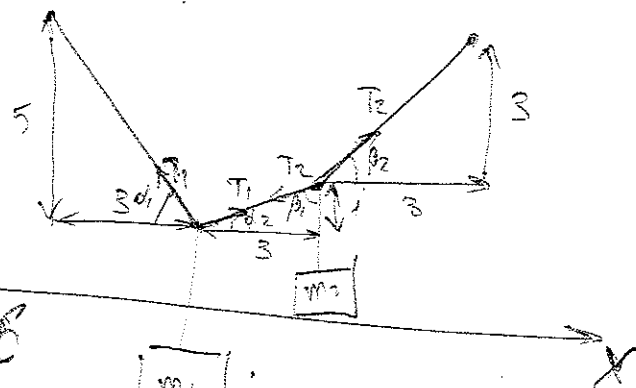
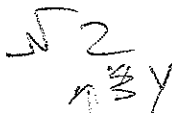
$$\cos \alpha_2 = \frac{3}{\sqrt{1^2 + 3^2}}$$

$$\sin \beta_1 = \cos \alpha_2$$

~~$$\cos \beta_1 = \sin \beta_2$$~~

$$\sin \beta_2 = \cos \beta_1 = \frac{\sqrt{21}}{2}$$

$$\cos \beta_1 = \sin \alpha_2$$



$$(1) \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2}{\cos \beta_1 + \sin \beta_2}$$

из (x):

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\cos \beta_2 - \sin \beta_1}{\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1}$$

$$\Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{(\cos \beta_2 - \sin \beta_1)(\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2)}{(\cos \beta_1 + \sin \beta_2)(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}$$

~~$$\frac{m_1}{m_2} = \left(\frac{1}{\sqrt{1^2 + 3^2}} - \frac{3}{\sqrt{1^2 + 3^2}} \right) \cdot \left(\frac{5}{\sqrt{5^2 + 3^2}} + \frac{1}{\sqrt{1^2 + 3^2}} \right)$$~~

$$\frac{m_1}{m_2} = \left(\frac{\sqrt{21}}{2} - \frac{3}{\sqrt{1^2 + 3^2}} \right) \cdot \left(\frac{5}{\sqrt{5^2 + 3^2}} + \frac{1}{\sqrt{1^2 + 3^2}} \right)$$

$$\left(\frac{1}{\sqrt{1^2 + 3^2}} + \frac{\sqrt{21}}{2} \right) \cdot \left(\frac{3}{\sqrt{3^2 + 5^2}} - \frac{3}{\sqrt{1^2 + 3^2}} \right)$$

Т.к. цилиндр едет вверх, то F_{TP} направлена вправо.

Тогда:

$$F_{TP} \geq Mg \sin \alpha + mg \sin \alpha \quad (\geq \text{т.к. цилиндр едет вверх})$$

Также запишем ~~уравнение~~ моменты сил относительно центра цилиндра:

$$R \cdot mg \geq R \cdot F_{TP}, \quad (\geq, \text{т.к. } m_2 \text{ "перетягивает" } F_{TP})$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F_{TP} \geq (m+M)g \sin \alpha \\ mg \geq F_{TP} \end{cases}$$

Из этих уравнений следует, что

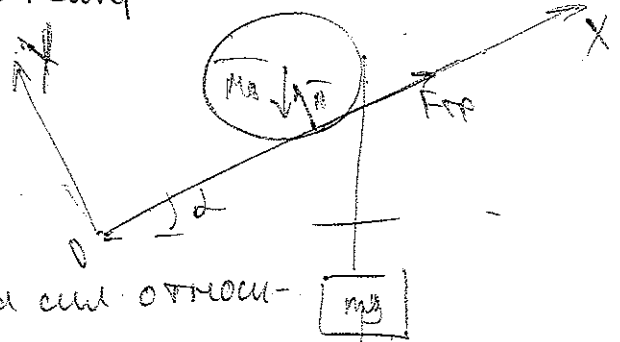
$$mg \geq (M+m)g \sin \alpha$$

$$\Rightarrow \sin \alpha \leq \frac{m}{M+m}$$

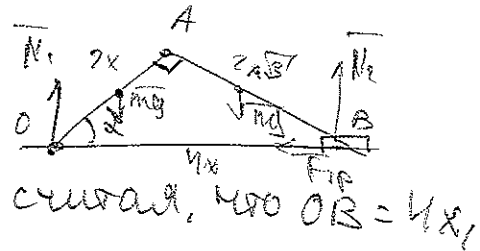
2:

Тогда при $\sin \alpha \leq \frac{m}{m+M}$, цилиндр будет двигаться вверх.

Ответ: $\sin \alpha \leq \frac{m}{m+M}$



Пусть в точке O действует сила реакции опоры N_1 , а в точке B - N_2 . Тогда запишем уравнение моментов относительно точки O, считая, что $OB = 4x$, а $\angle OAB = 90^\circ$.

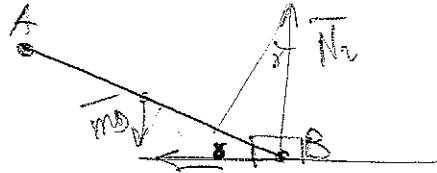


$$x \cos \alpha \cdot mg + 3x (\cos \alpha + 2x) mg = 4x N_2$$

$$2mg(1 + \cos \alpha) = 4N_2$$

$$N_2 = mg \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

2:



Пусть $\angle ABO = \delta = 180^\circ - \alpha - \beta = 30^\circ$

Тогда рассматривая треугольник AB и силы действующие на него, запишем:

$$N_2 \sin \delta + F_{TP} \cos \delta = mg \sin \delta$$

$$\Rightarrow F_{TP} = \frac{\sin \delta (mg - N_2)}{\cos \delta}$$

$$\begin{cases} F_{TP} = \frac{mg \sin \delta (mg - mg \frac{1 + \cos \alpha}{2})}{\cos \delta} \\ F_{TP} = k \cdot N_2 \Rightarrow F_{TP} = \frac{mg \sin \delta (1 - \frac{1 + \cos \alpha}{2})}{\cos \delta} \end{cases}$$

k - коэффициент трения.

$$\Rightarrow k = \frac{mg \frac{1 + \cos \alpha}{2} = \frac{mg \sin \delta (1 - \frac{1 + \cos \alpha}{2})}{2 \cos \delta (1 - \frac{1 + \cos \alpha}{2})}}{1 + \cos \alpha}$$

$$\Rightarrow k = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot (1 - \frac{3}{4})}{1.5} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

т.е. $k = \frac{\sqrt{3}}{3}$



Работа по инженерная олимпиада

Дата 27 февраля 2022

Вариант № 1

Площадка написания:

НИЯУ МИФИ

ФИО и рег. номер не
указывать!

ОЦЕНКА

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

Пусть напряжение настольной лампы U .
Тогда она подает ток на лампочку мощностью $P_1 - I_1$.
Аналогично на лампочку $P_3 - I_3$.
Пусть в проводах лампы - напряжение U' . Тогда:

$$\begin{cases} P_1 = UI_1 \\ P_3 = UI_3 \\ P_2 = U'I_1 \\ P_4 = U'I_3 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{P_2}{P_4} \Rightarrow P_4 = \frac{P_3}{P_1} \cdot P_2$$

$$\Rightarrow P_4 = \frac{100 \text{ Вт}}{60 \text{ Вт}} \cdot 10 \text{ мВт}$$

$$P_4 = 16,67 \text{ мВт}$$

Ответ: $P_4 = 16,67 \text{ мВт}$

