

2

424104  
Регистрационный номер

Долгопрудный  
ИФТИ

Площадка написания

57

Школа

Фамилия Новикова

Имя Полина

Отчество Павловна

129  
(не заполнять)

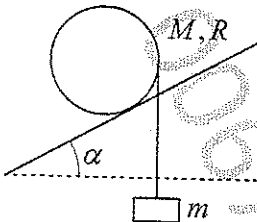
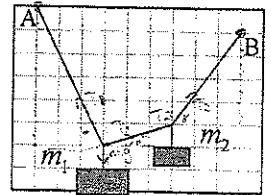
Подпись

«Утверждаю»  
Председатель оргкомитета олимпиады

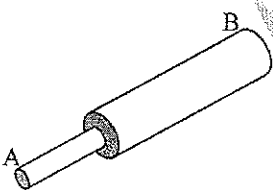
НИЯУ МИФИ, РУТ (МИИТ), НГТУ им. Р.Е.Алексеева, Самарский университет, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,  
БГТУ им. В.Г.Шухова, ВлГУ  
«Инженерная олимпиада школьников», Заключительный тур, 10 класс  
2 вариант

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  $P_3 = 75$  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  $m_1 / m_2$ .

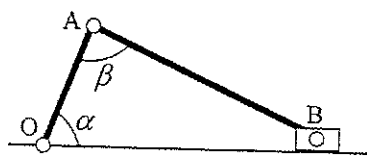
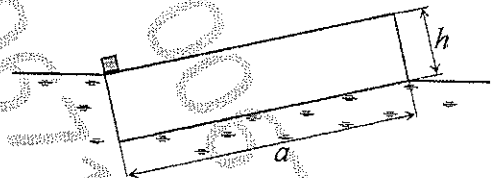


3. На однородный цилиндр радиуса  $R$  и массы  $M$  намотана невесомая нить, к концу которой привязано тело массы  $m$ . Цилиндр аккуратно кладут на наклонную плоскость, по которой он может катиться без проскальзывания, так, что его образующая перпендикулярна направлению быстрого спуска с плоскости (см. рисунок). При каком угле наклона плоскости  $\alpha$  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  $2T$  на тонком конце А до значения  $T$  на толстом конце В. Найти температуру тела после установления равновесия. Потерями тепла в окружающее пространство пренебречь.

5. С помощью квадратного пласта плотности  $\rho$  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  $\rho_0$  известна. При любой ли плотности пласта  $\rho$  его можно так расположить в воде (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»

Инженерная олимпиада  
Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 2

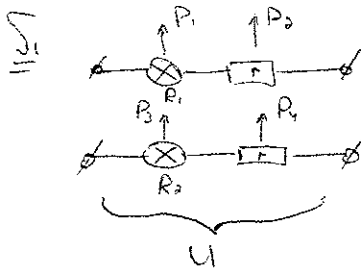
Площадка написания:

Долгопродный

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**  
(не заполнять)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ИТОГО | Подпись |
|---|---|---|---|---|---|-------|---------|
| 2 | 2 | 2 | 9 | 5 | 2 | 1     | 9,5     |



① Пусть сопротивление соедин. проводов  $r$ ,  $R$  сопротивление лампочек  $R_1$  и  $R_2$ , мощность на проводах во втором случае  $P_4$ , напряжение на лампе  $U$ .  
Тогда для первой схемы:

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} \quad (\text{т.к. } r \ll R_1) \quad \text{и}$$

② Пусть в первом случае по цепи идет ток  $I_1$ , во втором  $I_2$ .

$$\begin{cases} P_1 = U \cdot I_1 \\ P_2 = r \cdot I_2^2 \end{cases} \Rightarrow r = \frac{P_2}{I_2^2} \cdot U^2 \quad (1)$$

2

③ Для второго случая:  $\begin{cases} P_3 = U \cdot I_2 \quad (\text{т.к. напряжение на лампе } U = \text{const}) \\ P_4 = r \cdot I_2^2 \end{cases}$

$$\Rightarrow \text{Учитывая (1), получаем } P_4 = \frac{P_3^2}{U^2} \cdot \frac{P_2}{I_2^2} \cdot U^2 = \frac{P_3^2}{I_2^2} \cdot P_2 = 15 \frac{5}{8} \text{ мВт.}$$

Ответ:  $P_4 = 15 \frac{5}{8} \text{ мВт.}$



① Обозначим силы натяж. нитей  $T_1$  и  $T_2$  как на рисунке.  
Тогда II з. Ньютона для A:  $\begin{cases} O_y: T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta = m_1 g \\ O_x: T_1 \cos \alpha = T_2 \cos \beta \end{cases}$

2

для B:  $\begin{cases} O_y: T_3 \sin \gamma - T_2 \sin \beta = m_2 g \\ O_x: T_3 \cos \gamma = T_2 \cos \beta \end{cases}$

Выражаю  $\frac{m_1}{m_2}$ :

$$\frac{m_1 g}{m_2 g} = \frac{T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta}{T_3 \sin \gamma - T_2 \sin \beta} = \frac{T_2 \tan \alpha \cdot \cos \beta + T_2 \sin \beta}{T_2 \tan \gamma \cdot \cos \beta - T_2 \sin \beta} = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{\tan \gamma - \tan \beta}$$

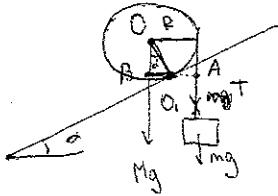
Σ2 (продолжение)

Из рисунка находим:  $\tan \alpha = 2$ ,  $\tan \beta = 1/3$ ,  $\tan \gamma = 3/4$ .

Тогда  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{2 + 1/3}{3/4 - 1/3} = 2 + 1/3 = 7/3$ .

Ответ:  $\frac{m_1}{m_2} = 7/3$ .

Σ3



Т.к. цилиндр движется без проскальзывания => по правилу моментов он будет двигаться вверх, когда крутится относ. точки O1 (точка касания цилиндра с клином) по час. стрелке.

$\Rightarrow T \cdot OA \leq Mg \cdot OB$

- Т.к.  $\angle O_1OB = \alpha \Rightarrow O_1B = R \sin \alpha$  (т.к. O1B - кратчайшее расстояние до линии действия Mg из O1 => O1B  $\perp$  OB)
- Т.к. BA = R => OA = R - R sin alpha

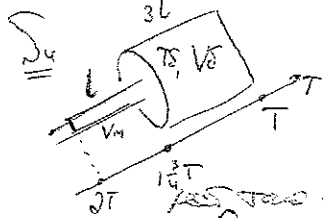
Тогда  $T \cdot (R - R \sin \alpha) \leq Mg \cdot R \sin \alpha$

По II з. Ньютона для грузика:  $T = mg \Rightarrow$

$mg(R - R \sin \alpha) \leq Mg \cdot R \sin \alpha$  2

$\sin \alpha \leq \frac{mgR}{mgR + MgR} = \frac{m}{M+m}$

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



Пусть длина тонкого стержня  $l$ , его радиус  $R$ . Тогда т.к. температура меняется линейно => на месте сварки  $T_c = 1/4 T_2$ . Запишем все тепло системы вначале!   
 *0,5 стержня кт см, 1/4 радиус R. Тогда*

$Q = c \cdot \rho \cdot V_{м1} \cdot \bar{T}_1 + c \cdot \rho \cdot V_{б1} \cdot \bar{T}_2$ , где  $\left\{ \begin{array}{l} \bar{T}_1 - \text{средняя темп. мал. стержня} \\ \bar{T}_2 - \text{средняя темп. больш. стержня} \end{array} \right.$

$Q = c \cdot \rho \cdot \pi R^2 \cdot l \cdot \left( \frac{T_1 + 1/4 T_2}{2} \right) + c \cdot \rho \cdot \pi (2R)^2 \cdot 3l \cdot \left( \frac{1/4 T_2 + T_2}{2} \right) = c \cdot \rho \cdot \pi R^2 \cdot l \cdot T_1 \cdot 18 \frac{3}{8}$

Пусть температура системы после установки равновесия =  $T_0$ . Тогда тепловая энергия системы в конце:  $Q_0 = c \cdot \rho \cdot (\pi R^2 \cdot l + \pi (2R)^2 \cdot 3l) \cdot T_0$

Т.к. потерь нет =>  $Q = Q_0$ . Тогда  $c \cdot \rho \cdot \pi R^2 \cdot l \cdot T_1 \cdot 18 \frac{3}{8} = c \cdot \rho \cdot \pi \cdot R \cdot l \cdot 13 T_0$

$\Rightarrow T_0 = \frac{18 \frac{3}{8}}{13} T_1 = 1 \frac{43}{104} T_1 \approx 1,41 T_1$

Ответ:  $1,41 T_1$ .



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Инженерная олимпиада  
Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 2

Площадка написания:

Долгопрудный

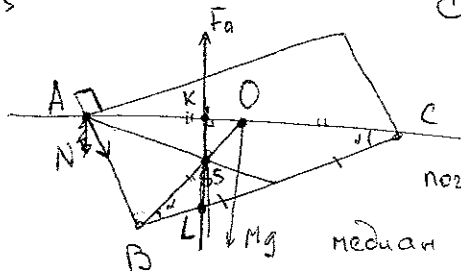
ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ИТОГО | Подпись |
|---|---|---|---|---|---|-------|---------|
|   |   |   |   |   |   |       |         |

S5



- ① Расставим все силы, действующие на плот.  
Это  $N$  - сила давящая груза.  
 $F_a$  - сила Архимеда, приложенная к центру погруженной части плота, значит в точке пересечения медиан треугольника  $\triangle ABC$ .

$Mg$  - сила тяжести, приложена к центру плота  $\rightarrow$  в середине  $AC$ .

- ② Правило моментов относ. точки  $A$ :  $Mg \cdot AO = F_a \cdot AK$ .

$$AO = \frac{1}{2} AC = \frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{2}. \text{ Найдем } AK:$$

- ③  $BO$  - медиана в прямоугол. треугол.  $\Rightarrow BO = \frac{AC}{2} = \frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{2}$ . Медианы точкой пересечения делятся  $2:1 \Rightarrow SO = \frac{1}{3} BO = \frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{6}$ .

Пусть  $\angle ACB = \alpha$ . Тогда  $\angle KLC = 90 - \alpha$ ,  $\angle OBC = \alpha$  (т.к.  $BO = OC$  и  $\triangle BOC$  - равноб.).

Тогда  $\angle BSL = 180 - \angle KLC = 90 + \alpha$ . Тогда  $\angle BSL = 180 - \angle SBL - \angle BLS = 90 - 2\alpha$ .

Тогда  $\angle KSO = \angle BSL$  (как верт.) =  $90 - 2\alpha$ .

$$\triangle KOS - \text{прямоугольный} \Rightarrow KO = SO \cdot \sin \angle KSO = SO \cdot \sin(90 - 2\alpha) = SO \cdot \cos 2\alpha = SO \cdot (2\cos^2 \alpha - 1). \text{ Т.к. } \cos \alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}} \Rightarrow KO = \frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{6} \left( 2 \frac{a^2}{a^2 + h^2} - 1 \right) = \frac{a^2 - h^2}{6\sqrt{a^2 + h^2}}$$

$$\text{Тогда } AK = AO - KO = \frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{2} - \frac{a^2 - h^2}{6\sqrt{a^2 + h^2}} = \frac{3a^2 + 3h^2 - a^2 + h^2}{6\sqrt{a^2 + h^2}} = \frac{a^2 + 2h^2}{3\sqrt{a^2 + h^2}}$$

$$AK = \frac{a^2 + 2h^2}{3\sqrt{a^2 + h^2}}$$

Σ5 (продолжение)

④ Т.к.  $F_a \cdot AK = Mg \cdot AO \Rightarrow F_a \cdot \frac{a^2 + 2h^2}{3\sqrt{a^2 + h^2}} = Mg \cdot \frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{2}$

$F_a = \rho_0 \cdot V_{\text{возд}} \cdot g = \frac{\rho_0 \cdot V \cdot g}{2}$ , где  $V$  - объем шота.

$Mg = \rho \cdot V \cdot g$

$\Rightarrow \frac{\rho_0 \cdot V \cdot g}{2} \cdot \frac{a^2 + 2h^2}{3\sqrt{a^2 + h^2}} = \rho \cdot V \cdot g \cdot \frac{\sqrt{a^2 + h^2}}{2}$

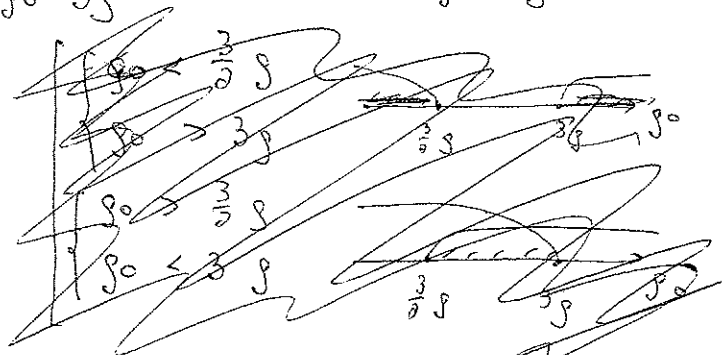
$\rho_0 (a^2 + 2h^2) = 3\rho (a^2 + h^2)$

$\rho_0 \left(\left(\frac{a}{h}\right)^2 + 2\right) = 3\rho \left(\left(\frac{a}{h}\right)^2 + 1\right)$

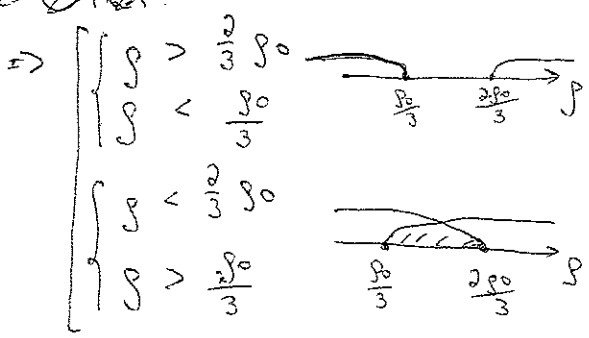
$\left(\frac{a}{h}\right)^2 = \frac{3\rho - 2\rho_0}{\rho_0 - 3\rho} \Rightarrow \boxed{\frac{a}{h} = \sqrt{\frac{3\rho - 2\rho_0}{\rho_0 - 3\rho}}} \Rightarrow \frac{h}{a} = \sqrt{\frac{\rho_0 - 3\rho}{3\rho - 2\rho_0}}$

⑤ Взяв из выражения  $\left(\frac{a}{h}\right)^2 = \frac{3\rho - 2\rho_0}{\rho_0 - 3\rho}$  следует, что  $\frac{3\rho - 2\rho_0}{\rho_0 - 3\rho} > 0$

(т.к.  $\left(\frac{a}{h}\right)^2 > 0$ )  $\Rightarrow \begin{cases} 3\rho - 2\rho_0 > 0 \\ \rho_0 - 3\rho > 0 \\ 3\rho - 2\rho_0 < 0 \\ \rho_0 - 3\rho < 0 \end{cases}$



~~$\rho_0 \in \emptyset$~~   
 ~~$\rho_0 \in \left(\frac{2}{3}\rho_0, \rho_0\right) \Rightarrow \rho \in \left(\frac{3}{2}\rho, 3\rho\right)$~~



$\Rightarrow \begin{cases} \rho \in \emptyset \\ \rho \in \left(\frac{\rho_0}{3}, \frac{2}{3}\rho_0\right) \Rightarrow \rho \in \left(\frac{\rho_0}{3}, \frac{2}{3}\rho_0\right) \end{cases}$

2

Ответ:  ~~$\frac{a}{h}$~~   $\frac{h}{a} = \sqrt{\frac{\rho_0 - 3\rho}{3\rho - 2\rho_0}}$  ;  $\rho \in \left(\frac{\rho_0}{3}, \frac{2}{3}\rho_0\right)$



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Инженерная Олимпиада  
Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 2

Площадка написания:

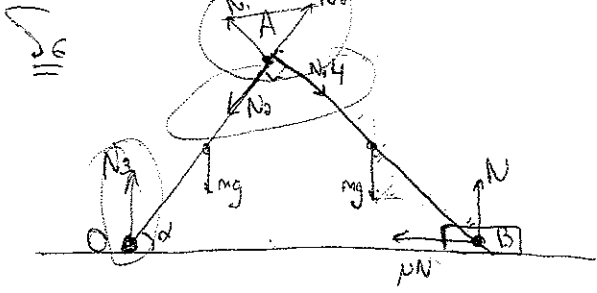
Долговрудный

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ИТОГО | Подпись |
|---|---|---|---|---|---|-------|---------|
|   |   |   |   |   |   |       |         |



① Рассчитаем силы как на рисунке.

Тогда пр. мом. для ~~отр~~ AB относ. точки A:

$$\mu N \cdot l_2 \cos \alpha + mg \frac{l_2}{2} \sin \alpha = N \cdot l_2 \sin \alpha \Rightarrow$$

$$N = \frac{mg \sin \alpha}{2(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} \quad (1) \quad (\text{где } l_2 - \text{длина } AB)$$

② Пр. мом. для OA относ. A:

$$N_3 \cdot l_1 \cos \alpha = mg \cdot \frac{l_1}{2} \cos \alpha$$

(где  $l_1$  - длина OA)

$$\Rightarrow N_3 = \frac{mg}{2}$$

Пр. мом. для OA относ. O:

$$N_1 \cdot l_1 = mg \cdot \frac{l_1}{2} \cos \alpha \Rightarrow N_1 = \frac{mg \cos \alpha}{2}$$

③ II з. Ньютона для AB на ось, параллельную AB:

$$N_4 + mg \cos \alpha = N \cos \alpha + \mu N \sin \alpha$$

*(сила, скользящая по АД давит на АВ, по III з. Ньютона =)*

По III з. Ньютона:  $N_1 = N_4 \Rightarrow$

$$N = \frac{N_1 + mg \cos \alpha}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = \frac{\frac{mg \cos \alpha}{2} + mg \cos \alpha}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = \frac{3 mg \cos \alpha}{2(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)} \quad (2)$$

Подставляя N из (1), получим:

$$\frac{mg \sin \alpha}{2(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{3 mg \cos \alpha}{2(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)} \Rightarrow \mu(2 \cos^2 \alpha + 1) = 2 \cos \alpha \sin \alpha \Rightarrow \mu = \frac{2 \cos \alpha \sin \alpha}{2 \cos^2 \alpha + 1}$$

$$\mu = \frac{\sqrt{3}}{3} \approx 0.58$$

Ответ:  $\mu = 0.58$ .

