Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

520008

Шифр ______________________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Гришина Елена Витальевна

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Алматы, РФМШ, 10 класс

Регистрационный номер ШМ 6176

Вариант задания 12

Дата проведения «17» марта 2018 г.

Подпись участника ______

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	14	нет	10	16						

Шифр 520008

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Σ 60

Сокивиши В. В.

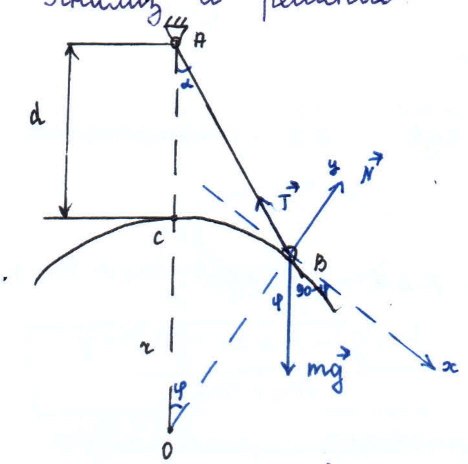
Вариант № 12

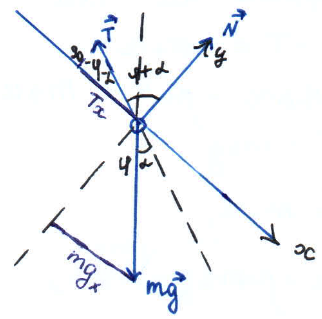
1)

Дано:
m
$AB = L$
r
$AC = d$

$T = ?$

Анализ и решение:





II Закон Ньютона: $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{T} = 0$ – в векторной форме

в проекциях на ось Ox (см. рисунок): 1) $N_x = 0$, т.к. $\vec{N} \perp Ox$

2) $mg_x = T_x$

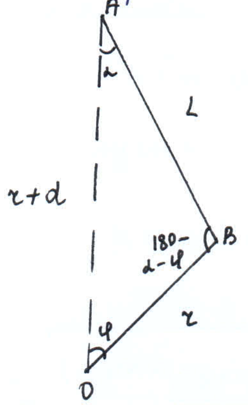
$mg \cdot \sin\varphi = T \cdot \cos(90 - (\varphi + \alpha))$

$mg \cdot \sin\varphi = T \cdot \sin(\varphi + \alpha)$

$$\boxed{\frac{\sin\varphi}{\sin(\varphi+\alpha)} = \frac{T}{mg}} \quad (1)$$

мат. вака
$\cos(90 - x) = \sin x$
$\sin(180 - (\alpha + \varphi)) = \sin(\alpha + \varphi)$

Рассмотрим Δ OAB



теорема синусов

$$\frac{AB}{\sin\varphi} = \frac{AO}{\sin(180 - (\alpha + \varphi))}$$

$$\frac{L}{\sin\varphi} = \frac{r+d}{\sin(\alpha+\varphi)}$$

$$\boxed{\frac{\sin\varphi}{\sin(\alpha+\varphi)} = \frac{L}{r+d}} \quad (2)$$

Из тождеств 1 и 2 следует, что $\frac{T}{mg} = \frac{L}{r+d}$

$$\boxed{T = mg \cdot \frac{L}{r+d}}$$

$[T] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}} = \text{Н}$

20

2) Дано:

$m_1 = 2$ кг

$m_2 = 1$ кг

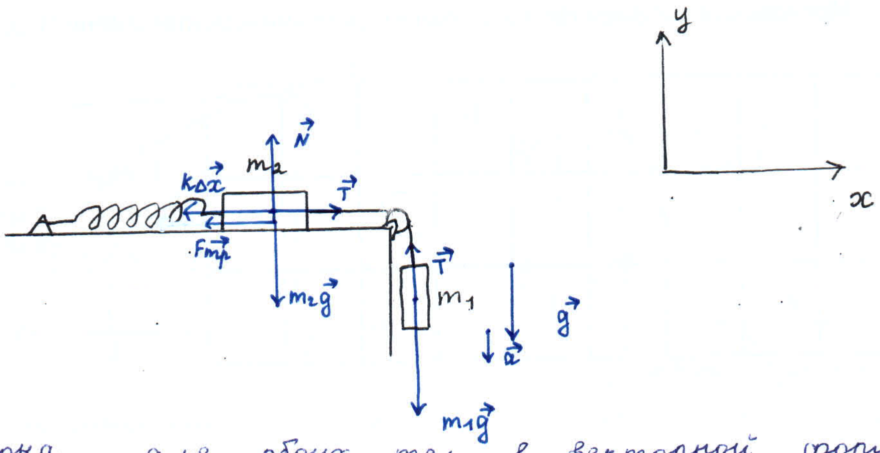
$k = 36$ Н/м

$\mu = 0{,}4$

$g = 10\ \frac{м}{с^2}$

$v_{max} = ?$

Анализ и решение:



II закон Ньютона для обоих тел в векторной форме

$$m_1\vec{g} + \vec{T} = m_1\vec{a},$$

$$\vec{N} + m_2\vec{g} + \vec{F}_{упр} + \vec{F}_{тр} + \vec{T} = m_2\vec{a};$$

в проекциях на оси:

$$m_1 g - T = m_1 a,$$ где Δx – растяжение пружины

$$T - k\Delta x - \mu N = m_2 a,$$

$$N = m_2 g;$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m_1 g - T = m_1 a, \\ T - k\Delta x - \mu m_2 g = m_2 a; \end{cases}$$

$$m_1 g - k\Delta x - \mu m_2 g = (m_1 + m_2)a$$

$$\boxed{a = \frac{m_1 g - k\Delta x - \mu m_2 g}{m_1 + m_2}} \quad (1)$$

Условие, при котором достигается максимум: $\frac{dv}{dt} = 0$

$\Rightarrow$ $a = 0$, тогда из 1 тождества

$$\frac{m_1 g - k\Delta x - \mu m_2 g}{m_1 + m_2} = 0$$

$$\boxed{\Delta x = \frac{m_1 g - \mu m_2 g}{k}} \quad (2)$$

т.е. при растяжении пружины на Δx, равное $\frac{(m_1 - \mu m_2)g}{k}$ бруски достигнут максимальной скорости.

Закон сохранения энергии:

$$\frac{k\Delta x^2}{2} + \mu m_2 g\cdot\Delta x + m_1 g\cdot\Delta x = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2}$$

14 $$v = \sqrt{\frac{k\Delta x^2 + 2\mu m_2 g\Delta x + 2m_1 g\Delta x}{m_1 + m_2}}$$

1 Использую тождество 2

$$v = \sqrt{\frac{(m_1 g - \mu m_2 g)^2 + 2\mu m_2 g(m_1 g - \mu m_2 g) + 2m_1 g(m_1 g - \mu m_2 g)}{k(m_1 + m_2)}} =$$

$$= \frac{g}{\sqrt{k(m_1 + m_2)}} \cdot \sqrt{3m_1^2 - 2\mu m_1 m_2 + \mu^2 m_2^2 + 2\mu m_2 m_1 - 2\mu^2 m_2^2 + 2m_1^2 - 2\mu m_1 m_2}$$

$$\boxed{v_{max} = g\sqrt{\frac{3m_1^2 - \mu^2 m_2^2}{k(m_1+m_2)}}}$$

$$[v] = 10\,\frac{м}{с^2}\sqrt{\frac{м\cdot кг^2}{н\cdot кг}} = \frac{м}{с^2}\sqrt{\frac{с^2\cdot м\cdot кг}{кг\cdot м}} = \frac{м}{с}$$

Вычисление:

$$v_{max} = \frac{10}{6}\sqrt{\frac{3\cdot 4 - 0{,}4\cdot 0{,}4\cdot 1}{3}} \approx 2\ \frac{м}{с}$$

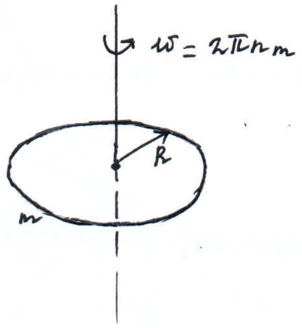
Ответ: $2\ \frac{м}{с}$

4)

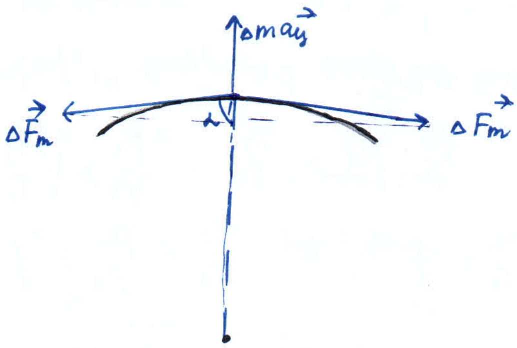
Дано:
R
m
F_m

$n_m = ?$

Анализ и решение:



Рассмотрим ~~мале~~ маленький участок кольца



$\alpha \to 90°$

Запишем II закон Ньютона

$$2\Delta F_m\cdot\cos\alpha = \Delta m\, a$$

Получим $2F_m = m\cdot a$, просуммировав.

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

$$2F_m = \omega^2\cdot R$$

$$\omega = 2\pi\cdot n_m$$

$$n_m = \sqrt{\frac{2F_m}{m4\pi^2R}} = \sqrt{\frac{F_m}{2\pi^2Rm}} \Rightarrow \boxed{n_m = \frac{1}{\pi}\cdot\sqrt{\frac{F_m}{2Rm}}}$$

10

Ответ: $\frac{1}{\pi}\cdot\sqrt{\frac{F_m}{2mR}}$

5) Дано:

$i = 3$

$3 \to 1 \quad V = \alpha\sqrt{T}$

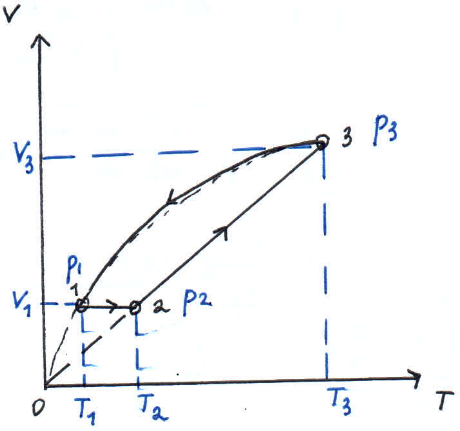
$1 \to 2 \quad V = const$

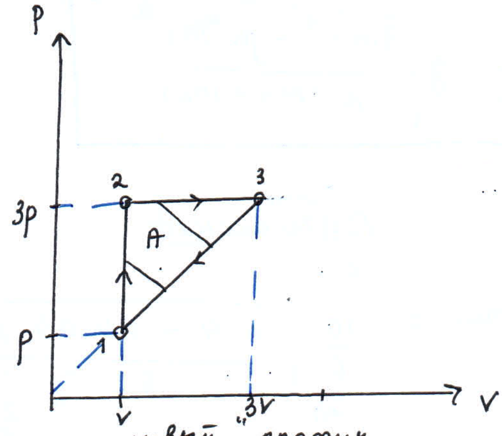
$\frac{T_{max}}{T_{min}} = n$

$n = 9$

$\eta = ?$

Анализ и решение:





„новый" график.

Установим соотношения между T_1, T_2, T_3 и V_1, V_3 и p_1, p_2, p_3:

На графике видно, что $T_3 = T_{max}$, а $T_1 = T_{min}$

процесс $1 \to 2$ $V = const$.

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

процесс $2 \to 3$ из закона Менделеева - Клапейрона

$$\frac{p_2 V_1}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

Точки 2 и 3 лежат на прямой, проходящей через начало координат, поэтому

$$\begin{matrix} V_1 = kT_2 \\ V_3 = kT_3 \end{matrix} \Rightarrow \frac{V_1}{V_3} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = 1 \qquad p_2 = p_3$$

$2 \to 3$ $p = const$ изобара

процесс $3 \to 1$ $\quad T = \frac{V^2}{\alpha}$ $\quad pV = \nu RT \quad p \cdot V = \nu R \frac{V^2}{\alpha} \quad p = \frac{\nu R}{\alpha} \cdot V \Rightarrow p$ прямопроп V

$$\frac{V_3}{V_1} = \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} \text{ (по усл.)} \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = 3 \qquad \frac{p_3}{p_1}\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} \qquad \frac{p_3}{p_1} = \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = 3$$

Пусть $V_1 = V \quad V_3 = 3V$, тогда $\frac{T_2}{T_3} = \frac{1}{3}$, а $\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1}{p_3} = \frac{1}{3}$

$\Rightarrow$ пусть $T_1 = T \quad T_2 = 3T \quad T_3 = 9T$

пусть $p_1 = p \quad p_2 = p_3 = 3p$

Начертим новый график в координатах p-V и с установленным масштабом

~~процесс 3->1~~

Найдем КПД

$$\eta = \frac{A_{пол}}{Q_{затр}} \cdot 100\%$$

$1 \to 2$ $\quad V = const \Rightarrow A_{12} = 0$

$p \uparrow \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow Q_{12} > 0$

16

$$Q_{12} = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2} 2pV = 3pV$$

$2 \to 3$ $\quad p = const \Rightarrow$

$$Q = C_p \nu \Delta T = \frac{5}{2} 3p \cdot 2V = 15pV$$

$\Rightarrow Q_{затр} = Q_{12} + Q_{23} = 18pV$

$3 \to 1$ $\quad p\downarrow, V\downarrow \Rightarrow T\downarrow \Rightarrow Q_{31} < 0$

$$A_{пол} = S_{\Delta 123} = \frac{1}{2} \cdot 2p \cdot 2V = 2pV$$

$$\boxed{\eta = \frac{2pV}{18pV} = \frac{1}{9}}$$

Ответ: $\frac{1}{9}$