Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

117021

61

Шифр ______________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету ФИЗИКА
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Бельшева Мария Николаевна

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Москва, ГБОУ "Школа N 2107"

Регистрационный номер 2104

Вариант задания 2

Дата проведения «17» февраля 2019 г.

Подпись участника

55 (пятьдесят пять)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
10	5	16	12	12	0	0	0	0	0	55
10										

117021

Шифр 117021

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 2

0,25

1

Задача 1.

Дано:

m

L

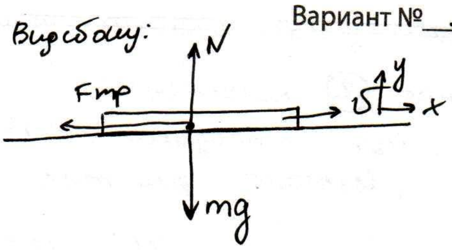
v

S

α

$A_{\text{поворота}}$ - ?

① Вид сбоку:



т.к. стержень однородный, то $F_T = mg$ приложена к его центру

Fтр направлена в противоположную направлению движения сторону.

Из закона изменения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = A_{\text{трения}}$$

$$A_{\text{трения}} = F_{\text{тр}} \cdot S$$

II закон Ньютона: Oy: $N - mg = 0$

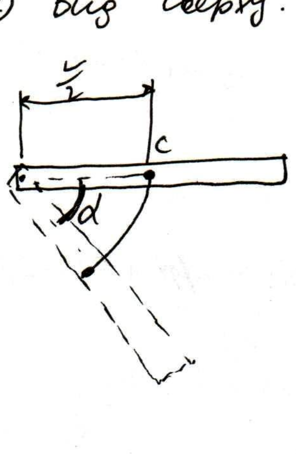
$N = mg$

$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$, где $F_{\text{тр}}$ – сила трения скольжения

$$A_{\text{трения}} = \mu mg S$$

$$\frac{\cancel{m}v^2}{2} = \mu \cancel{mg} S \Rightarrow \mu = \frac{v^2}{2gS}$$

② Вид сверху:



$A_{\text{поворота}}$ = работе по перемещению C (центра масс)

C находится на середине стержня, т.е. на расстоянии $\frac{L}{2}$ от его концов, т.к. стержень однородный

Сила трения направлена против направления скорости v стержня

v стержня направлена по касательной к окружности $\Rightarrow$ Fтр тоже направлена по касательной

$$A_{\text{поворота}} = F_{\text{тр}} \cdot l, \text{ где } l = \cancel{2\pi} \frac{L}{2} \frac{1}{\cancel{2\pi}} \cdot \alpha = \frac{L\alpha}{2}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg = \mu N = \frac{v^2}{2gS} mg = \frac{v^2 m}{2S}$$

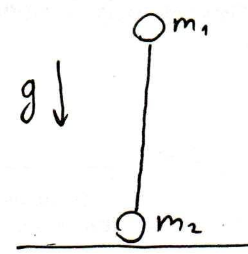
$$A_{\text{поворота}} = \frac{v^2 m}{2S} \frac{L\alpha}{2} = \frac{m\alpha L v^2}{4S}$$

Ответ: $\frac{m\alpha L v^2}{4S}$

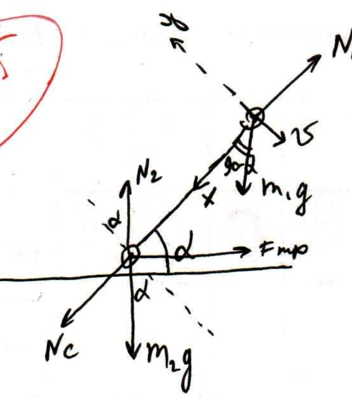
Задача 2.

Дано:
$m_1 = m$
$m_2 = 2m$
$\alpha = 75°$
$\sin 75° = 0{,}97$
стержень невесомый и жесткий
μ - ?

① Было:



② Стало



0,5

в задаче примем L = длина стержня.

~~Из закона сохранение энергии для ①→② (сила трения работы не совершает, и на систему действует~~

В Рассмотрим второе ② положение.
Направим оси ox и oy, как показано на рисунке.
Запишем II закон Ньютона для тел:

для тела, массой m_1:

OX: $m_1 g \sin\alpha - N_c = m_1 a_{ц.с.} = m_1 \frac{v^2}{L}$ (1)

для тела, массой m_2:

OX: $N_c + m_2 g \sin\alpha - F_{тр}\cos\alpha - N_2 \sin\alpha = 0$, т.к. движение еще не происход… $a = 0$ (2)

OY: $N_2 \cos\alpha - m_2 g \cos\alpha - F_{тр} \sin\alpha = 0$ т.к. движение еще не происходит.

Ошибка: неучёт системы

стержень действует на тела с одинаковой силой N_c, т.к. он невесомый и жесткий.

~~Найдем положение центра масс системы в конце~~

пока нижний шарик не начал скольжение можно считать, что верхний осуществляет вращательное движение вокруг нижнего по окружности радиуса L.

~~~~ ①-②: $A_{трения} = 0$; $A_{N_c} = 0$, т.к. $N_c \perp v$
=> можно для верхнего шарика записать: Закон сохранения энергии.

$$m_1 g L = m_1 g L \sin\alpha + \frac{m_1 v^2}{2}$$

$$\cancel{m_1} gL(1 - \sin\alpha) = \frac{\cancel{m_1} v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 2gL(1 - \sin\alpha)$$

подставим v^2 в (1)

$$m_1 g \sin\alpha - N_c = \frac{m_1}{\cancel{L}} 2g\cancel{L}(1 - \sin\alpha)$$

$$N_c = m_1 g \sin\alpha - m_1 2g(1 - \sin\alpha) = m_1 g(\sin\alpha - 2(1 - \sin\alpha)) =$$

$$= m_1 g(\sin\alpha - 2 + 2\sin\alpha) = m_1 g(3\sin\alpha - 2)$$

рассмотрим систему ур-ний (2) и (3), подставив N_c

$\boxed{F_{тр} = F_{трения\ скольж} = \mu N_2}$

$$\begin{cases} m_1 g(3\sin\alpha - 2) + m_2 g \sin\alpha - F_{тр}\cos\alpha - N_2 \sin\alpha = 0 \\ N_2 \cos\alpha - m_2 g \cos\alpha - F_{тр} \sin\alpha = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 g(3\sin\alpha - 2) + m_2 g \sin\alpha - \mu N_2 \cos\alpha - N_2 \sin\alpha = 0 \\ N_2 \cos\alpha - m_2 g \cos\alpha - \mu N_2 \sin\alpha = 0 \Rightarrow \cancel{N_2 = \frac{m_2 g \cos\alpha}{\cos\alpha - \mu \sin\alpha}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{\cos\alpha(5\sin\alpha - 2)}{2\cos\alpha(\cos\alpha + \sin\alpha) + \sin…}$$

~~решая систему получим $\mu = \frac{\sin 2\alpha - 2\cos\alpha}{…}$ =~~

$\mu \approx 0{,}217$

Ответ: 0,21…
~~~~

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

117021

Шифр ____________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 2

N 4. Дано:

$C = 40$ мкФ $= 40\cdot10^{-6}$ Ф

$U_0 = 4$ В

$L = 0{,}1$ Гн

$\mathcal{E} = 10$ В

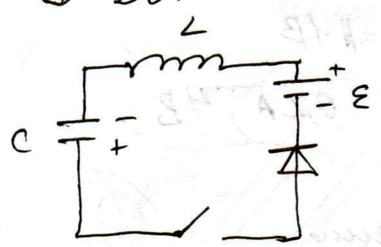
1) I_{max} - ?

2) U_y - ?

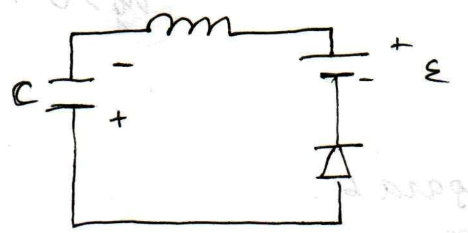
Решение:

0.75

① До:



② После замыкания:



~~ЗСЭ.~~

Закон изменения энергии для контура:

$$W_0 + A_{ист} = W_2 + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = W_0 + A_{ист} - W_2 = \frac{CU_0^2}{2} + \mathcal{E}(q_0 - q_2) - \frac{CU_2^2}{2}$$

$$= \frac{C}{2}(U_0^2 - U_2^2) + \mathcal{E}(q_0 - q_2)$$

I будет максимальным при $U_2, q_2 = 0$

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} + \mathcal{E}q_0$$

$$C = \frac{q_0}{U_0} \Rightarrow q_0 = U_0 C$$

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2} + \mathcal{E}U_0C = U_0C\left(\frac{U_0}{2} + \mathcal{E}\right)$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2U_0C\left(\frac{U_0}{2} + \mathcal{E}\right)}{L}}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2\cdot4\cdot40\cdot10^{-6}}{0{,}1}(2+10)} \approx 0{,}2\text{ A}$$

2) В установившемся режиме ток ~~через~~ через конденсатор и соответственно в цепи течь не будет =>

Закон изменения энергии будет следующим:

$$A_{ист} + W_0 = W_y$$

$$\mathcal{E}(q_0 - q_y) + \frac{CU_0^2}{2} = \frac{CU_y^2}{2} \qquad q_y = CU_y \quad q_0 = U_0C$$

~~Заряды складываем, т.к. конденсатор перезаряжается~~

$\varepsilon(u_0 - u_y) + \frac{u_0^2}{2} = \frac{u_y^2}{2}$

$\varepsilon u_0 - \varepsilon u_y + \frac{u_0^2}{2} = \frac{u_y^2}{2}$

$\frac{u_y^2}{2} + \varepsilon u_y - \left(\varepsilon u_0 + \frac{u_0^2}{2}\right)$

$u_y^2 + 2\varepsilon u_y - 2\left(\frac{u_0^2}{2} + \varepsilon u_0\right) = 0$

$u_y = -\varepsilon \pm \sqrt{\varepsilon^2 + 2\left(\frac{u_0^2}{2} + \varepsilon u_0\right)}$

ошибка

$u_y = -\varepsilon \pm \sqrt{\varepsilon^2 + u_0^2 + 2\varepsilon u_0}$

$u_y = -10 \pm \sqrt{100 + 16 + 20 \cdot 4} = -10 \pm 14$

$u_y > 0 \Rightarrow u_y = 4В$

Ответ: 0,2А; 4В.

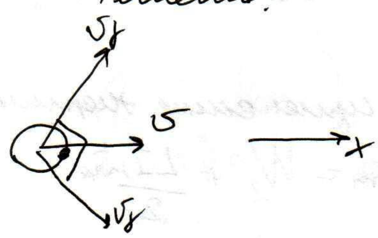
Задача 6.

m_0

$\theta = 90°$

N_{max} - ?

Решение:

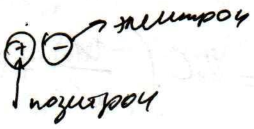


0 нет решения

$E_{квантов} = N A_{на\ разделение}$

$E_{частицы} = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} = 2E_\gamma = E_{квантов}$

$\varphi_{электрона} = \frac{kq}{}$



6 (шесть)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
						6				6
						6				

Шифр 117 021

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 4

~~Задача 4.~~

~~Дано:~~

~~$C = 40$ мкФ $= 40 \cdot 10^{-6}$ Ф~~

~~$U_0 = 4$ В~~

~~$L = 0,1$ Гн~~

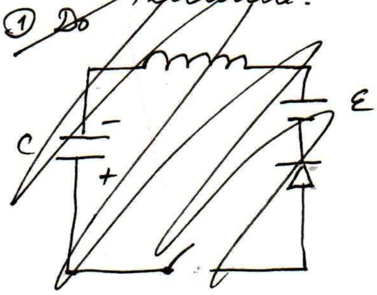
~~$\mathcal{E} = 10$ В~~

~~D – идеальный~~

~~I_{max} – ?~~

~~U_g – ?~~

~~① До Решение:~~



~~② П~~

Дано:

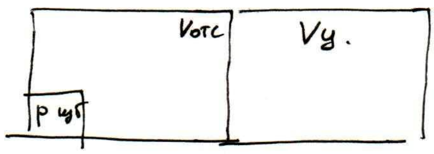
$V_{отс} = 20 м^3$

$p_{изб} = 10^6$ Па

$V_y = 20 м^3$

$m_к = 30000$ кг

$m_б = 3000$ кг



при нейтральной плавучести

$m_к g + m_б g = V_{погр} \rho_в g$

где эти слова на рис. ?

Задача 3.

Дано:

$\nu = 2$ моль

$C_{12} = const$

$A_{12} = 400$ Дж

$Q_{23} = 400$ Дж

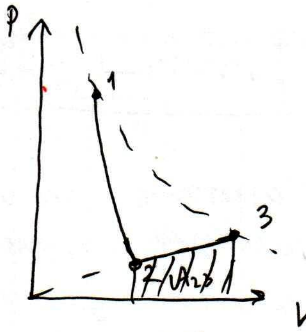
в 2-3 ~~p = kV p ~ V~~ $p = kV$

$T_1 = T_3 = T_0$

$Q_{12} - ?$

2

Решение:



Запишем первое начало термодинамики для процесса 1-2:

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = A_{12} + \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) =$$
$$= A_{12} + \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_0)$$

Запишем ~~второе~~ первое начало термодинамики для процесса 2-3:

$$Q_{23} = A_{23} + \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) = A_{23} + \frac{3}{2}\nu R(T_0 - T_2)$$

A_{23} = площади подграфиком 23

$$A_{23} = \frac{p_2 + p_3}{2} \cdot V_3 - V_2 = \frac{p_2 V_3 - V_2 p_2 + p_3 V_3 - p_3 V_2}{2}$$

$$p_2 = kV_2 \Rightarrow V_2 = \frac{p_2}{k}$$
$$V_3 = \frac{p_3}{k}$$

Из ур-ния Менделеева-Клайперона:

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$
$$p_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$A_{23} = \frac{\cancel{p_2 \frac{p_3}{k}} - \nu R T_2 + \nu R T_3 - \cancel{p_3 \frac{p_2}{k}}}{2} = \frac{\nu R(T_3 - T_2)}{2} = \frac{\nu R(T_0 - T_2)}{2}$$

$$Q_{23} = \frac{\nu R(T_0 - T_2)}{2} + \frac{3}{2}\nu R(T_0 - T_2) = 2\nu R(T_0 - T_2)$$

$$Q_{23} = -2\nu R(T_2 - T_0) \Rightarrow T_2 - T_0 = \frac{-Q_{23}}{2\nu R}$$

$$Q_{12} = A_{12} + \frac{3}{2}\cancel{\nu R}\left(-\frac{Q_{23}}{2\cancel{\nu R}}\right) = A_{12} + \left(\frac{-3}{4}Q_{23}\right) = A_{12} - \frac{3}{4}Q_{23}$$

$$Q_{12} = 400 - \frac{3}{4}400 = 100 \text{ Дж}$$

Ответ: 100 Дж.

5. Дано:

$m_3 = 3m$

$\alpha = 30°$

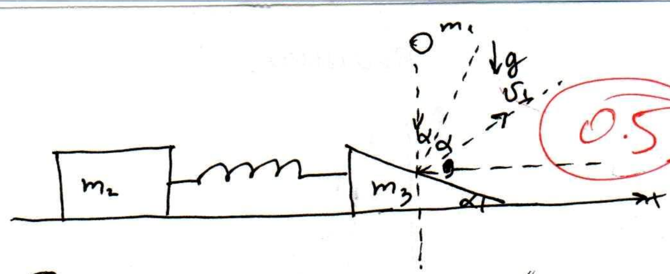
k

$m_2 = 2m$

$m_1 = m$

v

x_{max} – ?



0.5

Если считать, что время удара << времени деформации пружины, то:
Выполняется закон сохранения импульса по Ox и закон сохранения энергии для тел m_1 и m_2:

ЗСИ: $0 = -m_3 v_3 + m_1 v_1 \cos(90-2\alpha)$

$\cos(90-2\alpha) = \cos(90-60) = \cos 30 = \cos\alpha$

$0 = -m_3 v_3 + m_1 v_1 \cos\alpha \Rightarrow v_1 = \frac{m_3 v_3}{m_1 \cos\alpha}$

ЗСЭ: $\frac{m_1 v^2}{\cancel{2}} = \frac{m_3 v_3^2}{\cancel{2}} + \frac{m_1 v_1^2}{\cancel{2}}$

Ошибка

$m_1 v^2 = m_3 v_3^2 + \cancel{m_1} \cdot \frac{m_3^2 v_3^2}{m_1^{\cancel{2}} \cos^2\alpha}$

$m_1 v^2 = m_3 v_3^2 + \frac{m_3^2 v_3^2}{m_1 \cos^2\alpha} \Rightarrow v_3^2 = \frac{m_1^2 \cos^2\alpha \, v^2}{m_3 m_1 \cos^2\alpha + m_3^2}$

После удара брусок, массой m_3 будет скользить, брусок массой m_2 тоже начнет скольжение с ускорением под действием силы упругости, но т.к. после удара система тел m_2 и m_3 замкнута по Ox, то $v_{cx} = const$ $\quad v_{cx} = \frac{m_3 \cdot v_3 + m_2 \cdot 0}{m_2 + m_3} = \frac{m_3 v_3}{m_2 + m_3}$

Когда пружина достигнет максимального сжатия, то скорости ~~тел~~ тел m_2 и m_3 сравняются и станут равными v_{cx}

Запишем закон сохранения энергии:

$\frac{m_3 v_3^2}{\cancel{2}} = \frac{(m_3 + m_2) v_c^2}{\cancel{2}} + \frac{k x_{max}^2}{\cancel{2}}$

$m_3 v_3^2 = \frac{\cancel{(m_3 + m_2)} \, m_3^2 v_3^2}{(m_2 + m_3)^{\cancel{2}}} + k x_{max}^2$

$k x_{max}^2 = m_3 v_3^2 - \frac{m_3^2 v_3^2}{m_2 + m_3} = v_3^2 \left(m_3 - \frac{m_3^2}{m_2 + m_3} \right) =$

$= v_3^2 \left(\frac{m_3 m_2 + \cancel{m_3^2} - \cancel{m_3^2}}{m_2 + m_3} \right) = \frac{v_3^2 \cdot m_3 m_2}{m_2 + m_3} = \frac{m_3 m_2}{(m_2 + m_3)} \cdot \frac{m_1^2 \cos^2\alpha \, v^2}{(m_3 m_1 \cos^2\alpha + m_3^2)}$

$x_{max} = \sqrt{\frac{1}{k} \cdot \frac{\cancel{m_3} m_2}{(m_2 + m_3)} \cdot \frac{m_1^2 \cos^2\alpha \, v^2}{(\cancel{m_3} m_1 \cos^2\alpha + m_3^{\cancel{2}})}} =$

$= \sqrt{\frac{1}{k} \frac{m_2}{(m_2 + m_3)} \frac{m_1^2 \cos^2\alpha \, v^2}{(m_1 \cos^2\alpha + m_3)}} = \sqrt{\frac{1}{k} \frac{2\cancel{m}}{(5\cancel{m})} \cdot \frac{m^2 \cdot 0{,}75 \cdot v^2}{(m \cdot 0{,}75 + 3m)}} = \frac{v}{5}\sqrt{\frac{2m}{k}}$

Ответ: $\frac{v}{5}\sqrt{\frac{2m}{k}}$.