(21)

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

+1

119433

Шифр ____________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету ФИЗИКА
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Эфендиева Айна Арииф кызы

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Москва, ГОУ Лицей №1580 им. Баумана.

Регистрационный номер ШМ 0012

Вариант задания 2

Дата проведения "19" марта 2017 г.

С работой ознакомлена
24.03.2017

Подпись участника

76 (семьдесят шесть)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
8	4	3	10	8	10	10	5	12	6	76

119433

Шифр ______________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

119433

Вариант № 2

№1

Дано:

$\alpha = 60°$

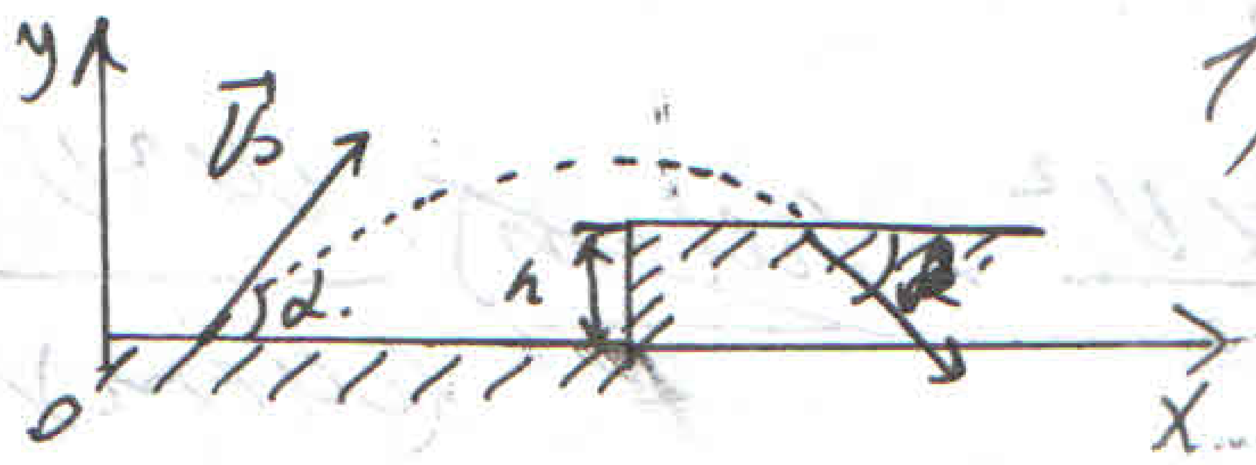
$v_0 = 10$ м/с

$h = 3$ м

$g = 10$ м/с²

$\beta - ?$

Решение:



1) Запишем уравнение движения тела на оси координат:

OX: $x(t) = v_0 \cos\alpha \cdot t$; $V_x(t) = v_0 \cos\alpha$

OY: $y(t) = v_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2}$; $V_y(t) = v_0 \sin\alpha - gt$.

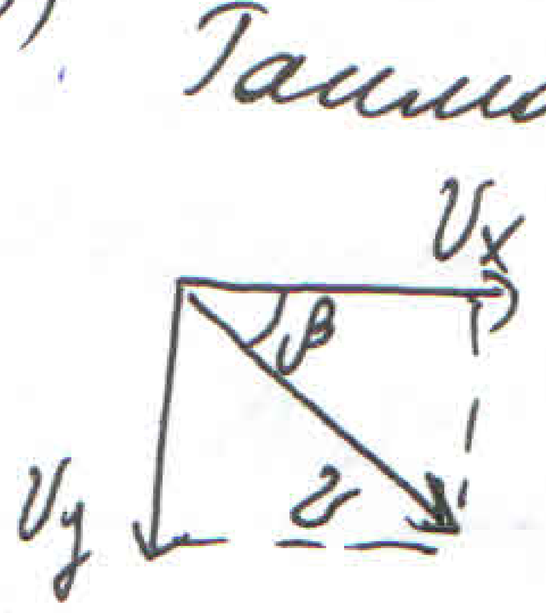
2) Когда тело падает на ступеньку, его координата по Oy равна h, т.е

$h = v_0 \sin\alpha\, \tau - \frac{g\tau^2}{2} \Leftrightarrow g\tau^2 - 2v_0\sin\alpha\, \tau + 2h = 0$

$\frac{D}{4} = v_0^2 \sin^2\alpha - 2gh$

$\tau = \frac{v_0 \sin\alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2\alpha - 2gh}}{g} = \frac{10\cdot\sin 60° + \sqrt{100\cdot\sin^2 60° - 2\cdot 10\cdot 3}}{10} = \frac{\sqrt{15}+5\sqrt{3}}{10}$

3) Рассмотрим треугольник скоростей



Из рисунка видно, что $tg\,\beta = \frac{|V_y|}{|V_x|}$

$|V_y| = |v_0 \sin\alpha - g\tau| = \left|10\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - 10\cdot\frac{\sqrt{15}+5\sqrt{3}}{10}\right| = |-\sqrt{15}| = \sqrt{15}$

$|V_x| = |v_0 \cos\alpha| = 10\cdot\frac{1}{2} = 5$

$tg\,\beta = \frac{\sqrt{15}}{5} \Rightarrow \beta = arctg\left(\frac{\sqrt{15}}{5}\right) = \approx 38°$

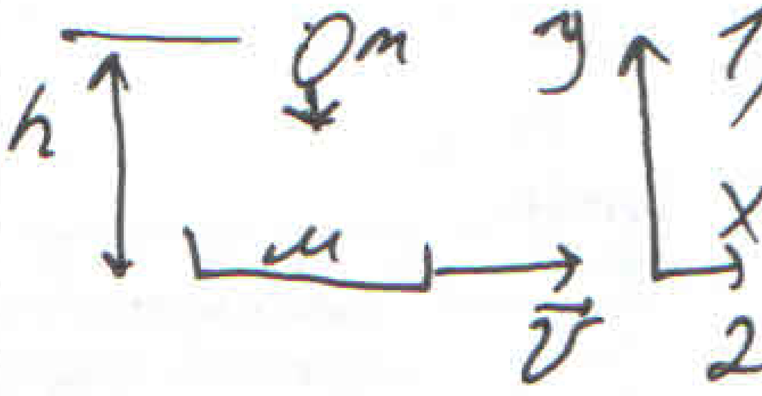
Ответ: $\beta = arctg\left(\frac{|\cancel{v_0 \sin\alpha} - \sqrt{v_0^2\sin^2\alpha - 2gh}|}{v_0\cos\alpha}\right) = arctg\frac{\sqrt{v_0^2\sin^2\alpha - 2gh}}{v_0\cos\alpha} = 3$

№4

Дано:
$m = 3$ кг
$h = 5$ м
$M = 15$ кг
$v = 6$ м/с

ΔU - ?

Решение:



1) В данной задачи $\Delta U = Q$ - теплота выделившаяся в системе, т.к внутренняя энергия определяется изменением темпер.
2) Запишем закон сохранения энергии:

$$mgh + \frac{Mv^2}{2} = \frac{(M+m)u^2}{2} + Q$$

3) По оси OX импульс системы сохраняется

$$\Rightarrow Mv = (M+m)u$$

$$u = \frac{Mv}{M+m}$$

4) Значит,

$$Q = mgh + \frac{Mv^2}{2} - \frac{\cancel{(M+m)}}{2} \cdot \frac{M^2v^2}{(M+m)^{\cancel{2}}} =$$

$$= mgh + \frac{Mv^2}{2} - \frac{1}{2}\frac{M^2v^2}{M+m} = mgh + \frac{Mv^2}{2}\left(1 - \frac{M}{M+m}\right) =$$

$$= mgh + \frac{Mv^2}{2}\,\frac{\cancel{M}+m-\cancel{M}}{M+m} = mgh + \frac{Mmv^2}{2(M+m)}$$

Т/О: $Q = \Delta U = mgh + \dfrac{Mmv^2}{2(M+m)} = 3\cdot 10\cdot 5 + \dfrac{3\cdot 15\cdot 36}{2(3+15)}$

$= 195$ Дж

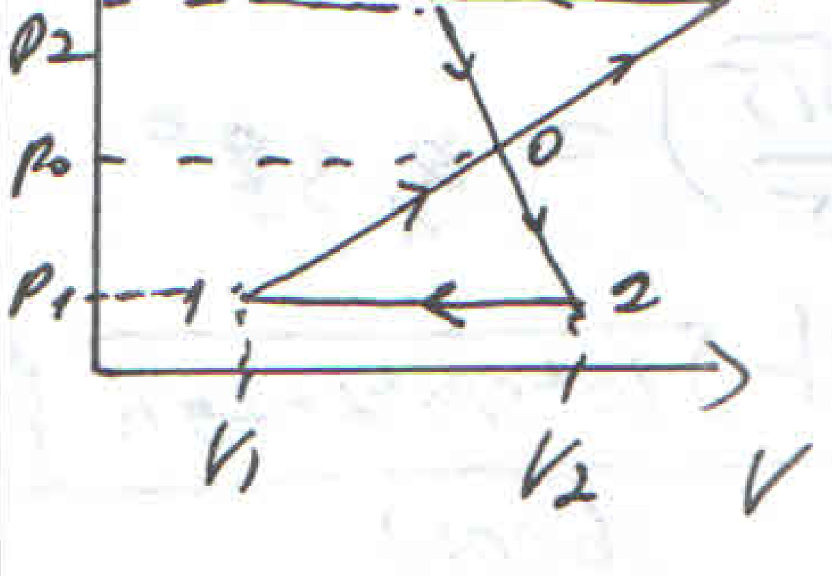
Ответ: $mgh + \dfrac{Mmv^2}{2(M+m)} = 195$ Дж

№5

Дано:
$P_1 = 10^5$ Па
$P_0 = 6\cdot 10^5$ Па
$P_2 = 8\cdot 10^5$ Па
$V_2 - V_1 = 10$ л $= 0{,}01$ м^3

A - ?

Решение



1) Работа, совершаемая газом, равна площади под графиком PV.

$\Rightarrow A = A_1 + A_2$ где

знак A

A_1 – работа цикла 1-0-2-1, а A_2 – работа цикла 0-4-3-0

2) $A_1 = \frac{1}{2}(p_0 - p_1)(V_2 - V_1)$ (площадь треугольника)

$A_2 = \frac{1}{2}(p_2 - p_0)(V_4 - V_3)$

3) Треугольники 102 и 034 подобны по 2-ум углам
($\angle 304 = \angle 102$ – вертикальные
$\angle 340 = \angle 012$ – накрест лежащие
при $34 \parallel 12 \parallel 0V$ и 41 – секущая)

0,78

$$\Leftrightarrow \frac{V_4 - V_3}{V_2 - V_1} = \frac{p_2 - p_0}{p_0 - p_1} \Rightarrow V_4 - V_3 = \frac{p_2 - p_0}{p_0 - p_1} \cdot V_2 - V_1$$

4) $$A = \frac{1}{2}(p_0 - p_1)(V_2 - V_1) + \frac{1}{2}(p_2 - p_0)\frac{(p_2 - p_0)}{p_0 - p_1}(V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{1}{2}(V_2 - V_1)\left(\frac{(p_0 - p_1)^2 - (p_2 - p_0)^2}{p_0 - p_1}\right) = \frac{1}{2} \cdot 0{,}01 \cdot \frac{(5 \cdot 10^5)^2 - (2 \cdot 10^5)^2}{5 \cdot 10^5}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0{,}01 \cdot \frac{21 \cdot (10^5)^2}{5 \cdot 10^5} = \frac{0{,}01 \cdot 21 \cdot 10^5}{10} = 21 \cdot 10^2 = 2100 \text{ Дж}$$

Ответ: $$A = \frac{1}{2}(V_2 - V_1)\frac{(p_0 - p_1)^2 - (p_2 - p_0)^2}{p_0 - p_1} = 2100 \text{ Дж}.$$

+

№6

Дано:	Решение:
$\nu = 2$ моль	
η, A, $i = 3$	
T_1 – ?	

1) КПД цикла Карно: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

2) в адиабатическом процессе $Q = 0$

$\Rightarrow 0 = A + \Delta U \Rightarrow \Delta U = -A = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T = -A$ (т.к. $i = 3$)

3) $\Delta T = T_2 - T_1$

$\frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_2) = A \Leftrightarrow T_1 - T_2 = \frac{2A}{3\nu R}$

4) $\frac{T_2}{T_1} = 1-\eta \Rightarrow T_2 = (1-\eta)\cdot T_1$

5) $T_1 = T_2 + \frac{2A}{3\nu R} = T_1(1-\eta) + \frac{2A}{3\nu R}$

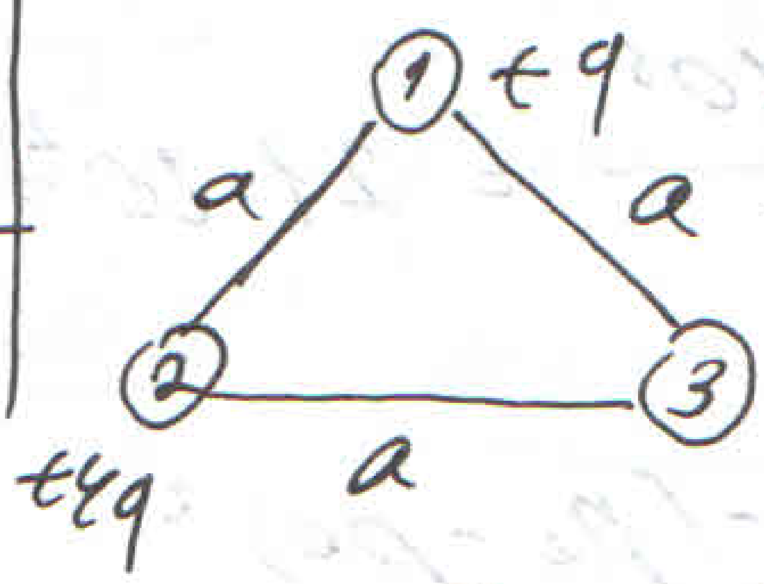
$T_1(\cancel{1}-\cancel{1}+\eta) = \frac{2A}{3\nu R}$

$T_1 = \frac{2A}{3\nu R\eta} = \frac{2A}{3\cdot 2\cdot R\eta} = \frac{A}{3R\eta}$

Ответ: $T_1 = \frac{2A}{3\nu R\eta} = \frac{A}{3R\eta}$.

№7

Дано:	Решение:
$a,\ q,\ 4q$	
W - ?	



1) После того, как второй шарик соединили с третьим, их заряд распределится ~~и~~ тк шарики одинаковые и металлические $\Rightarrow$ $q_2 = q_3 = \frac{+4q}{2} = +2q$.

2) Потенциальная энергия системы складывается из потенциальной энергии взаимодействия 1и2, 2и3, 1и3 шариков

Т/о: $W = W_{12} + W_{23} + W_{31} = \frac{q\cdot 2q}{4\pi\varepsilon_0 a} + \frac{2q\cdot 2q}{4\pi\varepsilon_0 a} + \frac{q\cdot 2q}{4\pi\varepsilon_0 a}$

$= \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} + \frac{4q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} + \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} = \frac{8q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} = \frac{2q^2}{\pi\varepsilon_0 a}$

Ответ: $W = \frac{2q^2}{\pi\varepsilon_0 a}$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 119А33

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 2

№9

Дано:

$T = 8\pi \cdot 10^{-9}$ с

$q = 5$ нКл $= 5 \cdot 10^{-9}$ Кл

$I = 8$ мкА $= 8 \cdot 10^{-6}$ А

q_m - ?

Решение:

1) Период колебаний в идеальном колебательном контуре вычисляется по формуле Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$

2) 

Тк контур идеальный (т.е нет сопротивления проводов) следует, что полная энергия сохраняется ; $W = const$

3) Энергия контура складывается из энергии катушки и конденсатора: $W = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2}$

т.е $\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C} \,/\cdot 2C \Rightarrow q^2 + CLI^2 = q_m^2$

$q_m = \sqrt{q^2 + I^2LC}$.

4) $T = \sqrt{LC} \cdot 2\pi \Rightarrow LC = \frac{T^2}{4\pi^2}$

5) $q_m = \sqrt{q^2 + \frac{I^2 \cdot T^2}{4\pi^2}} = \sqrt{(5\cdot10^{-9})^2 + \frac{(8\cdot10^{-6})^2 \cdot \cancel{64}^{8}\cancel{\pi^2} \cdot (10^{-9})^2}{\cancel{4\pi^2}}} \approx$

$\approx 5{,}49 \cdot 10^{-9}$ Кл $\approx$ ~~5нКл~~ 5,49 нКл

Ответ: $\sqrt{q^2 + \frac{I^2T^2}{4\pi^2}} = 5{,}49$ нКл.

1

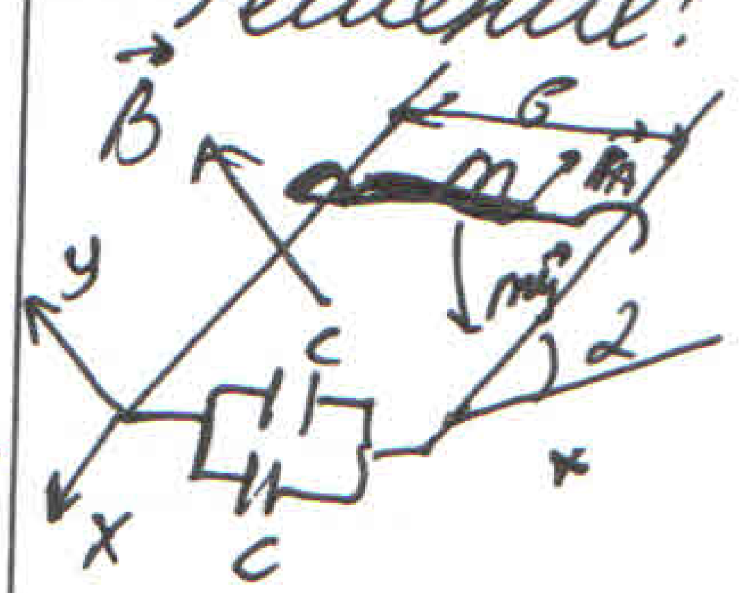
1

№10

Дано:
$b, B, \alpha,$
C, m

$a - ?$

Решение:



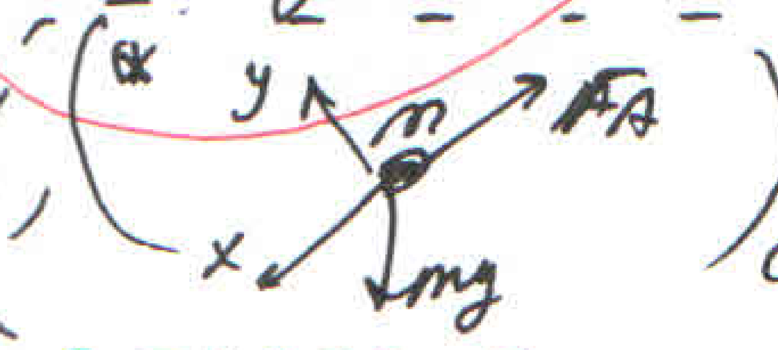
1) Запишем II закон Ньютона для перемычки массой m.

$m\vec a = \vec F_A + m\vec g$, где F_A - сила Ампера

OX: $ma = F_A - mg\sin\alpha$

знак

2) $F_A = IBb$, $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$



Силы расставлены в соответствии с правилом Ленца

3) $\Delta q = \mathcal{E}_i \cdot C_{бат}$

4) $C_{бат} = C + C = 2C$ (тк конденсаторы подключены параллельно)

5) $|\mathcal{E}_i| = \left|-\frac{d\Phi}{dt}\right| = \left|-\frac{B\Delta S}{dt}\right| = \left|-\frac{Bb\cdot\frac{a\Delta t^2}{2}}{dt}\right| = \left|-\frac{Bba\Delta t}{2}\right|$

6) $F_A = \frac{\frac{Bba\Delta t}{2}\cdot 2C}{\Delta t}\cdot Bb = B^2b^2aC.$

7) $ma = B^2b^2aC - mg\sin\alpha$

$a(-m + B^2b^2C) = mg\sin\alpha$

$a = \frac{mg\sin\alpha}{B^2b^2C - m}$

0,5

Ответ: $\frac{mg\sin\alpha}{B^2b^2C - m}$

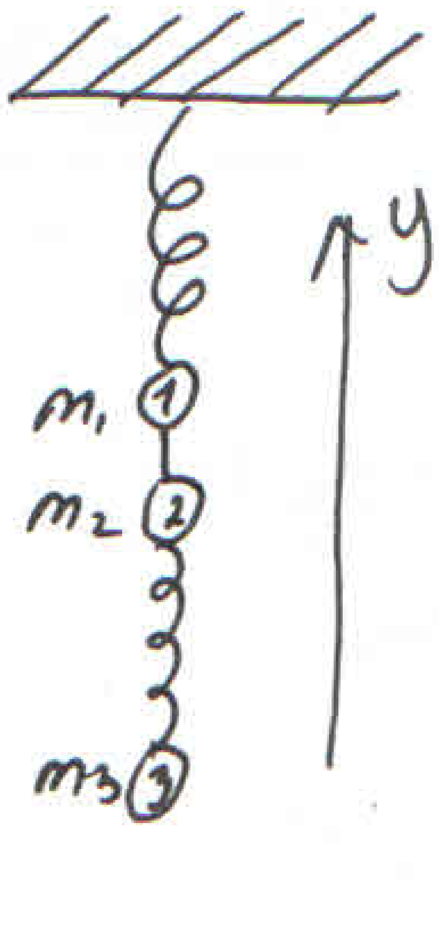
?

№2

Дано:
$m_1 = 4$ кг
$m_2 = 3$ кг
$m_3 = 1$ кг

$T, a - ?$

Решение:



1) Тк система находится в равновесии, то II-ой закон Ньютона для тела массой m_2 примет вид:

$T = m_2 g$ (остальные силы ($F_{упр}$, $m_1 g$, m_3 сокращаются тк система находится в равновесии)

$T = 3 \cdot 10 = 30Н.$

2) До пережигание нити верхняя пружина была растянута на величину x_0, которое можно найти из следующего ур-я (Закона Ньютона для тела m_1)

$$kx_0 = (m_1+m_2+m_3)g \Rightarrow x_0 = \frac{(m_1+m_2+m_3)g}{k}$$

3) Частота, скоторой будет колебаться груз m_1 равен $\omega = \sqrt{\frac{k}{m_1}}$

4) Ускорение ~~массы~~ m_1 после пережигание нити равен $a = A\omega$, где A - амплитуда колебаний груза.

$$A = x_0 \Rightarrow a = \frac{(m_1+m_2+m_3)g}{\cancel{k}} \cdot \frac{\cancel{k}}{m_1} =$$

$$= \frac{(m_1+m_2+m_3)g}{m_1} = \frac{4+3+1}{4} \cdot 10 = 20 \text{ м/с}^2$$

0,5

Ответ: $T = m_2 g = 30н$

$$a = \frac{(m_1+m_2+m_3)}{m_1} g = 20 \text{ м/с}^2$$

№3

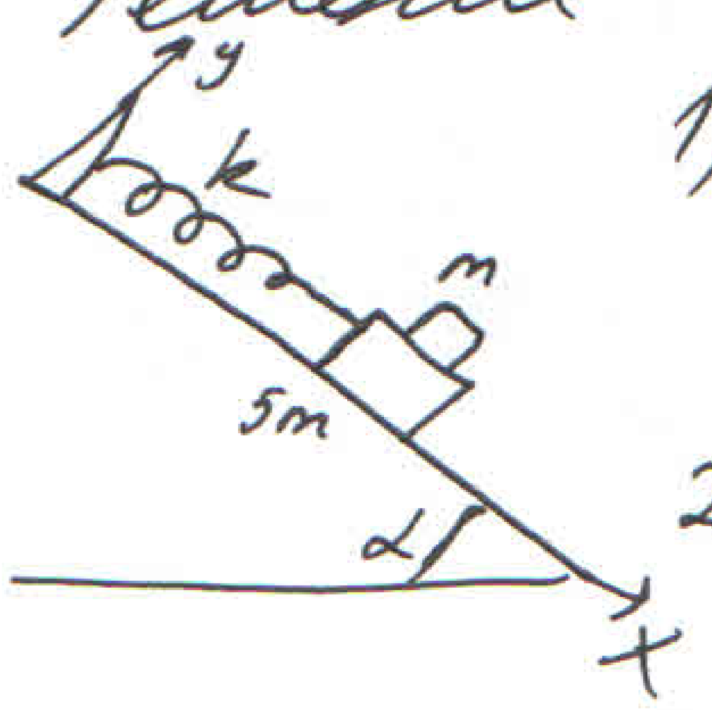
Дано:

α, $5m$, m

k, A

μ - ?

Решение



1) Частота гармонических колебаний системы: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m+5m}} = \sqrt{\frac{k}{6m}}$.

2) Максимальное ускорение груза $5m$: $a = A\omega = A\sqrt{\frac{k}{6m}}$

3) Запишем II закон Ньютона для тела массы m:

$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{тр} + \vec{N}$ (т.е. m должно двигаться с тем же ускорением, что и бт)

Ox: $ma = mg - F_{тр}$

Oy: $mg\cos\alpha = N \Rightarrow F_{тр} = \mu mg\cos\alpha$

знак

$m \cdot A\sqrt{\frac{k}{6m}} = mg - \mu mg\cos\alpha$ ~~$= mg(1-\mu\cos\alpha)$~~

Как получено

$\mu g\cos\alpha = g - A\sqrt{\frac{k}{6m}}$

$\mu = \dfrac{g - A\sqrt{\frac{k}{6m}}}{g\cos\alpha}$

0,25

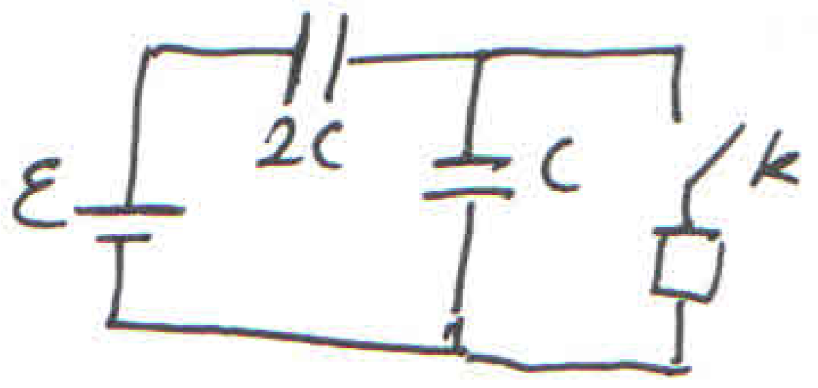
Ответ: $\dfrac{g - A\sqrt{\frac{k}{6m}}}{g\cos\alpha}$

№ 8

Дано: $\mathcal{E}, C$

Q - ?

Решение:



1) Запишем закон сохранение энергии:

$W_1 = W_2 + Q$.

2) $W_1 = \dfrac{C_{бат} \cdot \mathcal{E}^2}{2}$, $\dfrac{1}{C_{бат}} = \dfrac{1}{C} + \dfrac{1}{2C} = \dfrac{3C}{2C^2} = \dfrac{3}{2C}$

$\Rightarrow C_{бат} = \dfrac{2C}{3} \Rightarrow W_1 = \dfrac{2C\mathcal{E}^2}{3 \cdot 2} = \dfrac{\mathcal{E}C^2}{3}$

+

3) $W_2 = \dfrac{CU_1^2}{2} + \dfrac{2CU_2^2}{2}$

$U_1 + U_2 = \mathcal{E}$.

$q_1 = q_2 = q$

0,25

$\dfrac{q^2}{2C_{бат}} = W_1 \Rightarrow q = \sqrt{W_1 \cdot 2 \cdot \frac{2}{3}C} = \sqrt{\frac{C}{3} \cdot \frac{\mathcal{E}^2}{} \cdot 2 \cdot \frac{2}{3}C} = \frac{2}{3}C\mathcal{E}$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 119А33

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 2

$$W_2 = \frac{q_1^2}{2C} + \frac{q_2^2}{4C} \cancel{= \frac{2q^2}{2C} + \frac{q^2}{4C} = \frac{3q^2}{4C}}$$

$$q_1 + q_2 = \frac{2}{3} C\mathcal{E}$$

$$\frac{\mathcal{E}C^2}{3} = \frac{2q_1^2}{2C} + \frac{q_2^2}{4C} + Q$$

$$\begin{cases} Q = \dfrac{\mathcal{E}C^2}{3} - \dfrac{2q_1^2 + q_2^2}{4C} \\ q_1 + q_2 = \dfrac{2}{3} C\mathcal{E}. \end{cases}$$