Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

119463

Шифр ______________________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Левицкий Иван Викторович

Город, № школы (образовательного учреждения) Балашиха, МАОУ „Лицей", 11Б

Регистрационный номер ШМ0430

Вариант задания 4

Дата проведения "19" марта 2017 г.

Подпись участника [signature]

57 (пятьдесят семь)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

119463

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
8	8	3	10	5	3	5	0	12	3	57

Шифр ______________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

119463

Вариант № 4

Задача 1

$\beta - ?$

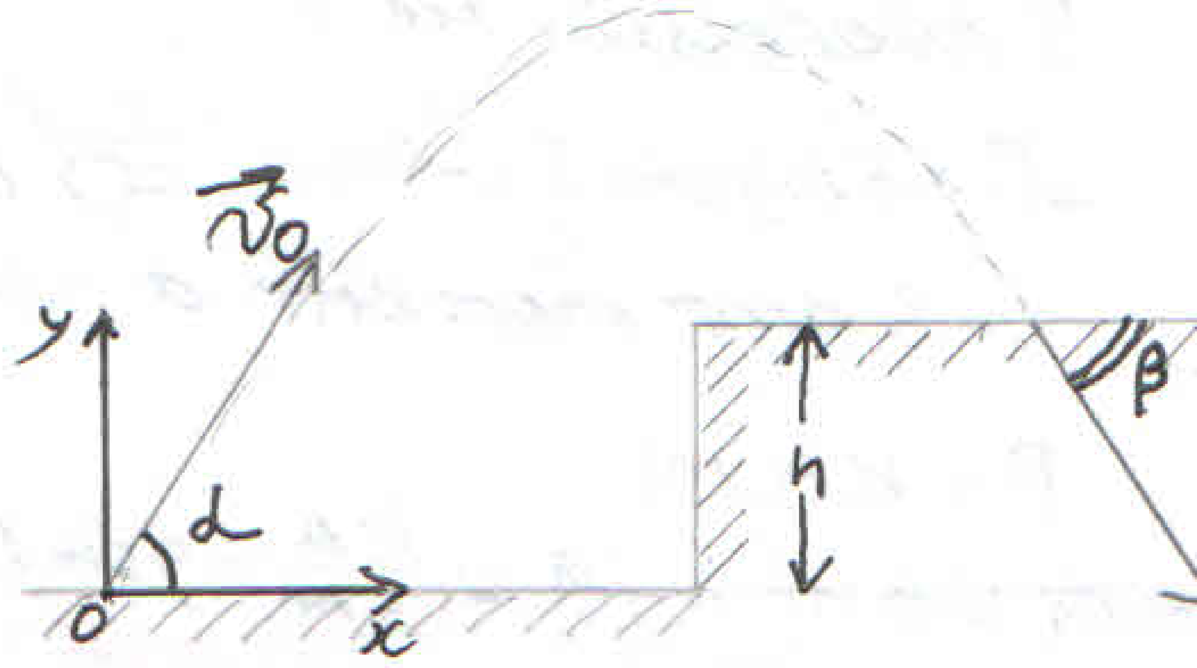
$\alpha = 45^\circ$

$v_0 = 20\ \frac{м}{с}$

$h = 8\ м$

$g = 10\ \frac{м}{с^2}$

Решение:



Рассмотрим проекции скорости v на OX и OY:

$OX: v_x = v_0 \cdot \cos\alpha$ (1)

$OY: v_y = v_0 \sin\alpha - gt$, где t - время полета. (2)

рассмотрим зависимость координаты y от времени t

$\cancel{y(t) =}\ y = v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$

$y = h$, тогда: $h = v_0 \sin\alpha t - \frac{gt^2}{2} \Leftrightarrow t^2 \frac{g}{2} - v_0 \sin\alpha t + h = 0$

$D = v_0^2 \sin^2\alpha - 2gh = 400 \cdot \frac{2}{4} - 160 = 40$

$t_{1,2} = \frac{v_0 \sin\alpha \mp D}{g} \Rightarrow t = \frac{20 \cdot \frac{\sqrt2}{2} + 2\sqrt{10}}{10} = \sqrt2 + \frac{\sqrt{10}}{5} \Rightarrow$

$v_y \overset{(2)}{=} 20 \cdot \frac{\sqrt2}{2} - 10\left(\sqrt2 + \frac{\sqrt{10}}{5}\right) = -2\sqrt{10}$ (2')

тогда $tg\beta = \frac{|v_y|}{v_x} \overset{(1),(2')}{=} \frac{|-2\sqrt{10}|}{20 \cdot \frac{\sqrt2}{2}} = \frac{\sqrt5}{5} \Rightarrow \beta = arctg\left(\frac{\sqrt5}{5}\right) \approx 24^\circ$

Ответ: $\beta \approx 24^\circ$

+

Задача 2

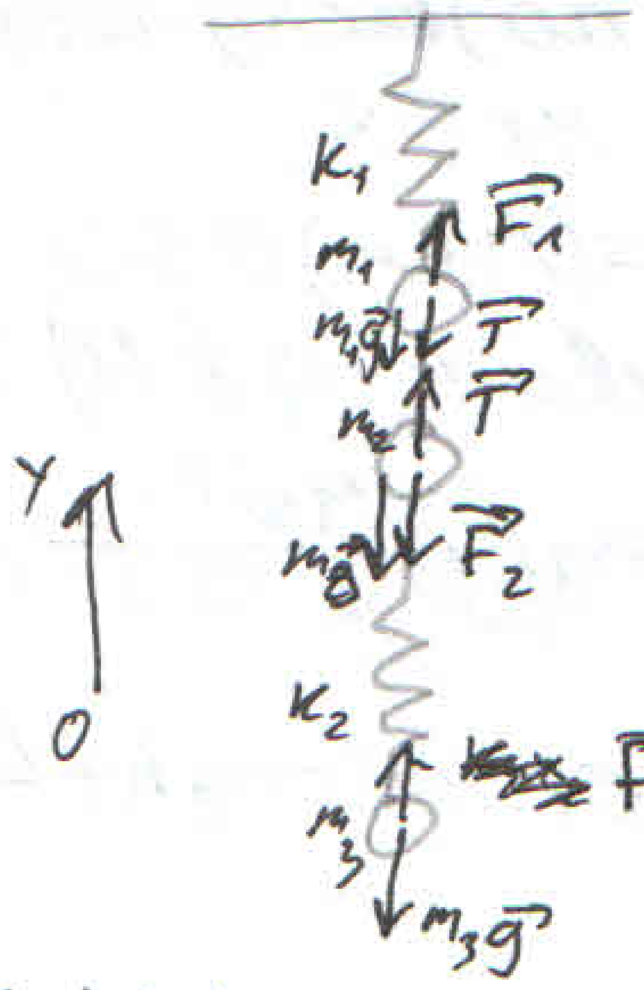
$T - ?\ a - ?$

$m_1 = 1\ кг$

$m_2 = 4\ кг$

$m_3 = 3\ кг$

Решение:



Напишем II ур-е Ньютона для 3х шариков:

$\vec{F_1} + m_1\vec{g} + \vec{T} = m_1\vec{a_1}$ где F_1 и F_2 - силы натяжения

$\vec{T} + m_2\vec{g} + \vec{F_2} = m_2\vec{a_2}$ 1 и 2 пружины соответственно

$\vec{F_2} + m_3\vec{g} = m_3\vec{a_3}$

В проекции на OY:

$F_1 - m_1 g - T = 0$ (1)

$T - m_2 g - F_2 = 0$ (2)

$F_2 - m_3 g = 0$ (3)

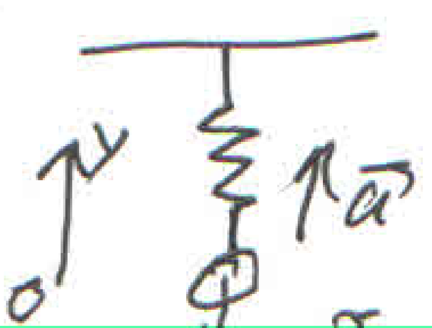
из (2) и (3) $\rightarrow T = m_2 g + m_3 g = g(m_2 + m_3)$ (2')

из (1) и (2') $\rightarrow F_1 = m_1 g + m_2 g + m_3 g = g(m_1 + m_2 + m_3)$, (4)

Тогда при пережигании нити (1) примет вид

$F_1 - m_1 g = m_1 a$, где $\vec{a}$ будет направлено вверх:

$a = \frac{F_1 - m_1 g}{m_1} \overset{(4)}{=} \frac{g(m_2 + m_3)}{m_1}$



$T = 10 \cdot (4+3) = 70\ (Н)$; $a = \frac{10}{1}(4+3) = 70\ \left(\frac{м}{с^2}\right)$

Ответ: $T = g(m_2 + m_3)$; $T = 70\ Н$

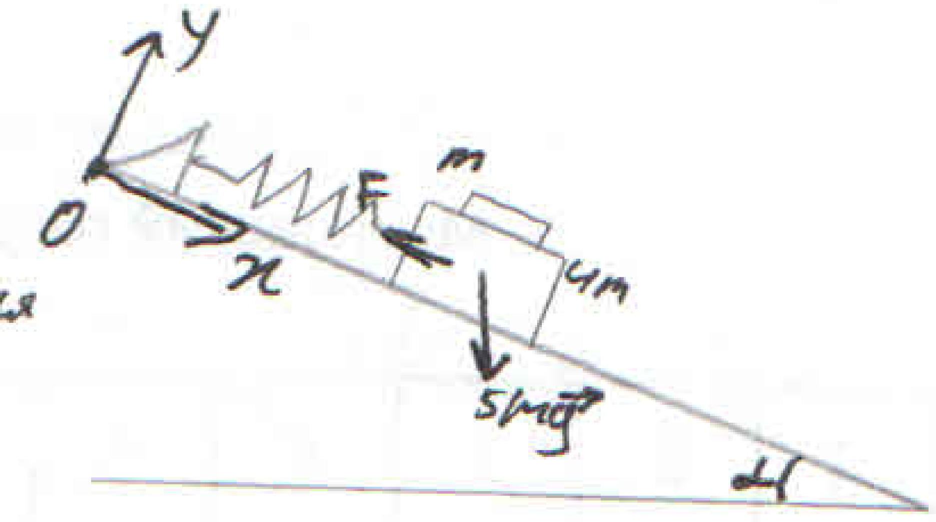
$a = g(m_2 + m_3)/m_1 = 70\ \frac{м}{с^2}$

+

Задача 3.

μ - ?
α
m
$4m$
k
A

Решение:



~~Запишем II з-на Ньютона для положения равновесия: момента максимального растяжения пружины~~

~~$\vec F + m\vec g = 0$~~

~~в проекции на OX:~~

~~$5mg\sin\alpha - F = 0 \Rightarrow F = 5mg\sin\alpha$ (1) где F – сила упр. пружины~~

~~$F = kA_0$, где x_0 – дефор. пружины в пол. равновесия~~

II з-н Ньютона для момента максимального растяжения пружины

$\vec F + 5m\vec g = 5m\vec a$

В проекции на OX:

$-F + 5mg\sin\alpha = 5ma \Rightarrow a = \frac{F}{5m} - g\sin\alpha$ (1)

В этот момент a максимальн

$F = kA$ (2)

подстав. (2) в (1): $a = \frac{kA}{5m} - g\sin\alpha$ (3)

+

II з-н Ньютона для шайбы на OX:

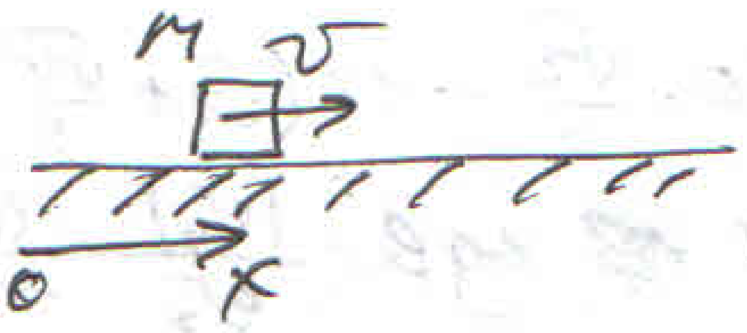
$$\left.\begin{aligned} mg\sin\alpha - \mu N = ma \\ N = mg\cos\alpha \end{aligned}\right\} \Rightarrow \mu = \frac{m(g\sin\alpha - a)}{mg\cos\alpha} \overset{(3)}{=} \frac{2g\sin\alpha - \frac{kA}{5m}}{g\cos\alpha} = 2\tg\alpha - \frac{kA}{5mg\cos\alpha}$$

Ответ: $\mu = 2\tg\alpha - \frac{kA}{5mg\cos\alpha}$ −

Задача 4.

~~ΔW~~ - ?
ΔW - ?
$m = 3$ кг
$h = 10$ м
$M = 9$ кг
$v = 4\ \frac{м}{с}$

Решение:



По закону изменения энергии

$W = mgh + \frac{Mv^2}{2} = \frac{(m+M)u^2}{2} + \Delta W \Rightarrow$ где ΔW - изменение внутренней энергии ящика песка, камня и окружающих тел и u - скорость ящика песка и камня, после столкновения

$\Rightarrow \Delta W = mgh + \frac{Mv^2}{2} - \frac{(m+M)u^2}{2}$ (1)

по закону сохранения импульса на OX:

$Mv = (M+m)u \Rightarrow u = \frac{Mv}{M+m}$ (2)

подставим (2) в (1):

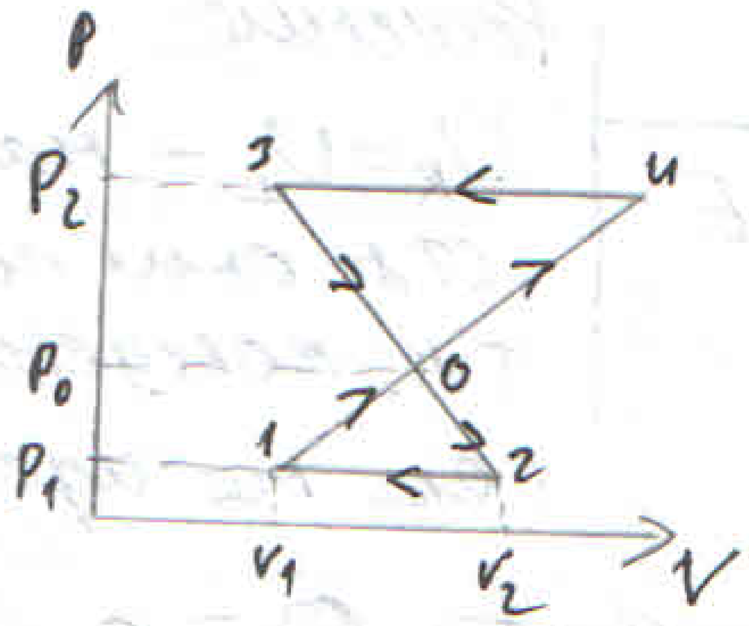
$\Delta W = mgh + \frac{Mv^2}{2} - \frac{M^2v^2}{2(M+m)}$; $\Delta W = 3\cdot10\cdot10 + \frac{9\cdot16}{2} - \frac{81\cdot16}{2(9+3)} = 318$ (Дж)

Ответ: $\Delta W = mgh + \frac{Mv^2}{2} - \frac{M^2v^2}{2(M+m)}$; $\Delta W = 318$ Дж

+

Задача 5.

$A - ?$	Си
$P_1 = 10^5$ Па	
$P_0 = 3\cdot10^5$ Па	
$P_2 = 6\cdot10^5$ Па	
$V_2 - V_1 = 6$ л.	$6\cdot10^{-3}$ м^3
4-3 пар. OV 2-1	



Решение:
Из графика видно, что
$A = S_{120} + S_{034}$ (1) где S_{120} и S_{034} — площади $\Delta 120$ и $\Delta 034$ соотв.

$\Delta 120 \sim \Delta 034$ т.к. $34 \parallel 12 \Rightarrow \frac{S_{034}}{S_{012}} = \left(\frac{P_2-P_0}{P_0-P_1}\right)^2 \Rightarrow S_{034} = S_{012}\left(\frac{P_2-P_0}{P_0-P_1}\right)^2$ (2)

из (1) с учетом (2) : $A = S_{120}\left(1+\left(\frac{P_2-P_0}{P_0-P_1}\right)^2\right)$

$S_{120} = (V_2-V_1)\cdot\frac{1}{2}\cdot(P_0-P_1)$

$\Rightarrow A = \frac{(P_0-P_1)(V_2-V_1)}{2}\left(1+\left(\frac{P_2-P_0}{P_0-P_1}\right)^2\right)$

$A = \frac{2\cdot10^5\cdot6\cdot10^{-3}}{2}\left(1+\left(\frac{3\cdot10^5}{2\cdot10^5}\right)^2\right) = 600\cdot\frac{13}{4} = 1950$ (Дж)

Ответ: $A = \frac{(P_0-P_1)(V_2-V_1)}{2}\left(1+\left(\frac{P_2-P_0}{P_0-P_1}\right)^2\right)$; $A = 1950$ Дж

$+$

$A_{0430} < 0$

$A_{1021} > 0$

$A = -(A_{4030} + A_{1021}) \leq 0$

Задача 6

$T_x - ?$
$\nu = 1$ моль
η
A

Решение:
$Q = \Delta U + A = 0$, где ΔU — изм. внутр. энерг. $\Rightarrow$

$\nu R(T_2 - T_1) + A = 0 \Rightarrow \Delta T = \frac{A}{\nu R}$ (1) $\Rightarrow T_H = T_x + \Delta T = T_x + \frac{A}{\nu R}$ (1')

т.к. цикл Карно:

$\eta = \frac{T_H - T_x}{T_x} = \frac{T_H}{T_x} - 1 \overset{(1')}{=} 1 + \frac{A}{\nu R T_x} - 1 = \frac{A}{\nu R T_x} \Rightarrow T_x = \frac{A}{\nu R \eta} \overset{\text{т.к. } \nu=1}{=} \frac{A}{R\eta}$

Ответ: $T_x = \frac{A}{R\eta}$

Числ T_2 — ?

$+$

Задача 7.

$W - ?$
$4q$
a

Решение:
Пусть заряд $4q$ у I шара $q_1 = 4q$
тогда после его замыкания со II шаром : $q_1 = q_2 = 2q$
после контакта с III шаром : $q_1 = q_3 = \frac{2q}{2} = q$

тогда по принципу суперпозиции:
W_1 — заряд I шара, W_2 — II, а W_3 — III

$W_1 = \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} + \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 a}$; $W_2 = \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} + \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 a}$; $W_3 = \frac{2q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} + \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 a}$ тогда

$W = W_1 + W_2 + W_3 = \frac{10q^2}{4\pi\varepsilon_0 a}$

Ответ: $W = \frac{10q^2}{4\pi\varepsilon_0 a}$

$-$

$+$

Задача 8.

Q – ?

3C, C, E

Решение:

$U_R = U_C$ – напряжение на резисторе и конденсаторе (т.к. они пар.)

т.к. конденсатор заряжен, то $U_C = 0 \Rightarrow U_R = 0 \Rightarrow$ ток не идет через R $\Rightarrow Q = 0$

Ответ: $Q = 0$

Задача 9.

I

C = 20 мкФ

L = 4,5 мГн

$q_м$ = 10 нКл

q = 6 нКл

Решение:

По з-ну ~~сохранения~~ изменения энергии

$$\frac{q_м^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} \Rightarrow I^2 = \frac{2}{L}\left(\frac{q_м^2}{2C} - \frac{q^2}{2C}\right) \Rightarrow I = \sqrt{\frac{q_м^2 - q^2}{LC}}$$

$$I = \sqrt{\frac{(10\cdot10^{-9})^2 - (6\cdot10^{-9})^2}{4,5\cdot10^{-3}\cdot20\cdot10^{-6}}} \approx 22,6\cdot10^{-6}(A) = 22,6 \text{ мкА}$$

Ответ: $I = \sqrt{\frac{q_м^2 - q^2}{LC}}$; $I = 22,6\cdot10^{-6}(A) = 22,6$ мкА

Задача 10.

a – ?

α

b

m

3C

B

Решение:

По II з-ну Ньютона

$mg\sin\alpha - F = ma \Rightarrow a = g\sin\alpha - \frac{F}{m}$ (1)

$F = BlI$ (2)

$I = \frac{\Delta q}{t} = \frac{3C\Delta\mathcal{E}}{t} = \frac{3CBlv}{t} = \frac{3CBlat}{t} = 3CBla$ (3)

подставим (3) в (2): $F = 3CB^2l^2a$ (2')

(1) с учетом (2')

$a = g\sin\alpha - \frac{3CB^2l^2}{m}a \Rightarrow a = \frac{mg\sin\alpha}{m - 3CB^2l^2}$

Ответ: $\frac{mg\sin\alpha}{m - 3CB^2l^2}$