Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 820019
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
## на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Юрова Полина Михайловна

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Волжский, МОУ СШ №30 им. С.Р. Медведева, 10 класс

Регистрационный номер ШМ 9562

Вариант задания 6

Дата проведения «17» февраля 2018 г.

Подпись участника

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0 | 10 | 20 | 5 | | | | | | 40 |
| | | | | | | | | | | |

Шифр 820019

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 6

№1.

Дано:
$t = 40$ с
$a = 20 \frac{м}{с^2}$
$g = 10 \frac{м}{с^2}$
$H = ?$

Решение.
Состояние невесомости наступает, когда равнодействующая всех сил равна 0, т.е.




$m\vec{a} = m\vec{g} \Rightarrow Ox: m(a-g) = 0 \Rightarrow a = g$.
Но по условию, $a > g \Rightarrow$ действия происходило, когда двигатели были включены.
Значит, на какой-то высоте h двигатели выключились, и ракета еще 40 с летела с постоянной скоростью в системе отсчета g: $a_0 = a - g \Rightarrow h = \frac{(a-g)\cdot t^2}{2} = \frac{10 \cdot 40^2}{2} = 8 \cdot 10^3$ м

5

$V = a_0 t = (a-g)t = 40 \cdot 10 = 400 \frac{м}{с} \Rightarrow$
$\Delta h = V \cdot t = 400 \cdot 40 = 16 \cdot 10^3$ м.
$H = 8 \cdot 10^3 + 16 \cdot 10^3$ м $= 24 \cdot 10^3$ м $= 24$ км

Ответ: 24 км.

№2.

Дано:
$m_1 = 2m$
$m_2 = 3m$
$V_1 = 2V$
$V_2 = V$
$p_c = ?$

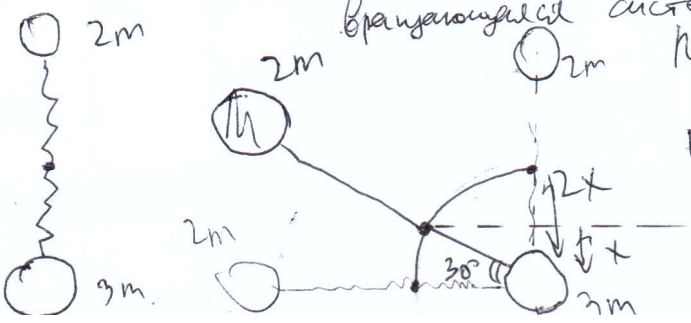
Решение:
В системе отсчета $V_2$, вся система будет вращаться вокруг шара $m_2$

(1) Найдём у.м. В неподвижном состоянии:



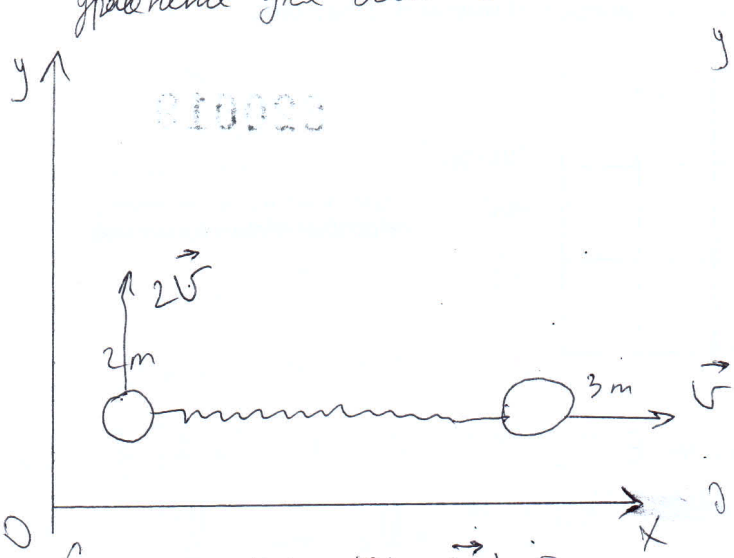

$M_1 = M_2 \Rightarrow$
$2m \cdot L = 3m(x-L)$
$2ML = 3mx - 3mL \Rightarrow L = \frac{3}{5}x$

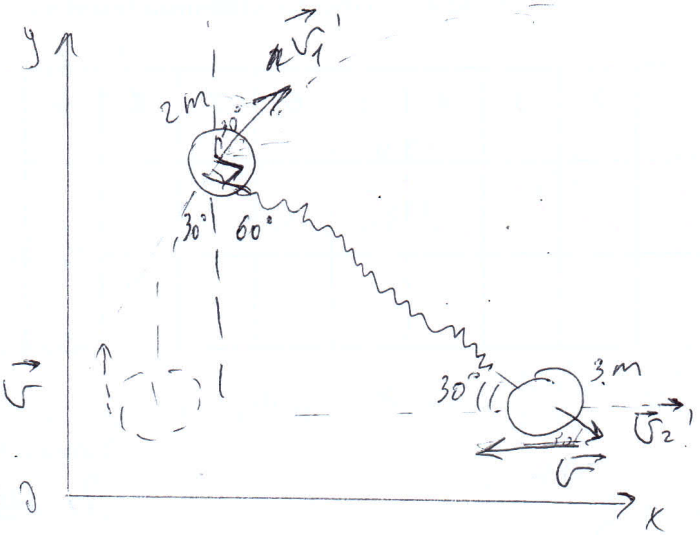
Таким образом, максимальное смещение у.м. будет, когда вращающаяся система будет стоять вертикально (90°). Половина этого расстояния будет лежать на окружности, когда система будет наклонена на




$\arcsin \frac{x}{2x} = \arcsin \frac{1}{2} \Rightarrow$ 30°

(2) Найдём импульс системы. По закону сохранения импульса, запишем уравнение для осей OX и OY.




Скорость шара $m_1$, $\vec{v_1'}$, будет направлена по касательной к окружности (т.к. в с.о. $m_2$, $\Rightarrow$ начальная скорость для остальных предметов направлена в обратную сторону)

OX: $3mv = 2m \cdot v_1' \sin 30 + 3m v_2' \cos 30 - 3mv$

OY: $4mv = 2m v_1' \cos 30 + 3m v_2' \sin 30$

$$\begin{cases} 3mv = 2m \cdot v_1' \cdot \frac{1}{2} + 3m \cdot \frac{v_2' \sqrt{3}}{2} - 3mv \\ 4mv = 2m \cdot \frac{v_1' \cdot \sqrt{3}}{2} + 3m \cdot \frac{v_2' \cdot 1}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} 12mv = 2v_1' + 3v_2'\sqrt{3} \\ 8v = 2v_1'\sqrt{3} + 3v_2' \end{cases}$$

Решив систему, получаем:

$v_2' = \left(\frac{6\sqrt{3}-4}{3}\right)v$; $v_1' = (2\sqrt{3}-3)v$.

$p_c = m_1 v_1' + m_2 v_2' = 2mv(2\sqrt{3}-3) + 3mv\left(\frac{6\sqrt{3}-4}{3}\right) =$

$= 4mv\sqrt{3} - 6mv + 6\sqrt{3}mv - 4mv = 10\sqrt{3}mv - 10mv = 10mv(\sqrt{3}-1)$

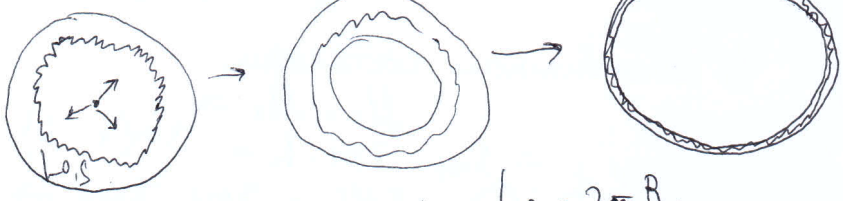
Ответ: $10mv(\sqrt{3}-1)$

№3.

Дано: $S, R, E, \sigma$

$L_0 = ?$

Решение:




$L_2$ - длина новой окружности $\Rightarrow$ $L_2 = 2\pi R$

$F_1 = kx = E(L_2 - L_0)$

$F_2 = \sigma S_2$.

$L_0 \cdot S_0 = L_2 \cdot S_2 \Rightarrow S_2 = \frac{L_0 \cdot S_0}{L_2} = \frac{L_0 \cdot S_0}{2\pi R}$.

$F_1 = F_2$ (т.к. находится в равновесии)

$E(L_2 - L_0) = \sigma \cdot S_2$

$$E(2\pi R - L_0) = \sigma \cdot \frac{L_0 \cdot S}{2\pi R}$$

$$2\pi R E - E L_0 = \sigma \frac{L_0 \cdot S}{2\pi R}$$

$$2\pi R \cdot E = L_0\left(E + \frac{\sigma \cdot S}{2\pi R}\right) \Rightarrow L_0 = \frac{2\pi R \cdot E}{E + \frac{\sigma S}{2\pi R}}.$$

Ответ: $L_0 = \dfrac{2\pi R \cdot E}{E + \frac{\sigma S}{2\pi R}}$ ?

№4.

Дано:

$V = 5{,}6\ дм^3 = 5{,}6 \cdot 10^{-3}\ м^3$

$p = 10^5\ Па$

$Q = 1430\ Дж$

$C_v = 21\ \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$p_2 = ?$

Решение:

$Q = C_v \cdot \nu \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{\nu C_v}$ (1)

$pV = \nu R T \Rightarrow T = \frac{pV}{\nu R}$ (2)

сосуд герметичный, объём постоянный $\Rightarrow$ изохорный процесс

$V = const$

$\frac{p}{T} = \frac{p_2}{T_2}$ (3)

$T_2 = T + \Delta T \Rightarrow \frac{p}{T} = \frac{p_2}{T + \Delta T}$. Подставим уравнения (1) и (2) в уравнение (3)

$$\frac{p}{\frac{pV}{\nu R}} = \frac{p_2}{\frac{pV}{\nu R} + \frac{Q}{\nu C_v}}; \quad \frac{\nu R}{V} = \frac{p_2}{\frac{pVC_v + QR}{\nu R C_v}}$$

(20)

$$\frac{1}{V} = \frac{p_2 \cdot C_v}{p \cdot V \cdot C_v + QR}$$

$$\frac{\nu R}{V} = \frac{p_2 \cdot \nu R \cdot C_v}{pV \cdot C_v + QR} \Rightarrow (\text{сократим на } \nu R)$$

$$p_2 = \frac{pV \cdot C_v + QR}{V \cdot C_v} = \boxed{p + \frac{QR}{V \cdot C_v}} = 10^5\ Па + \frac{1430 \cdot 8{,}31}{5{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot 21}\ Па =$$

$$= 10^5\ Па + 101048\ Па \approx 10^5\ Па + 1{,}01 \cdot 10^5\ Па = 2{,}01 \cdot 10^5\ Па.$$

Ответ: $2{,}01 \cdot 10^5\ Па$ $(= 201\ кПа)$

№5.

Дано:

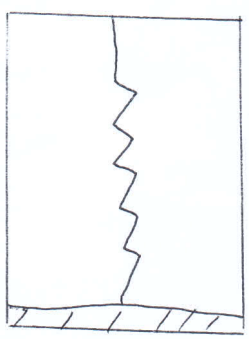
$k, S, p_0$

$H, h$

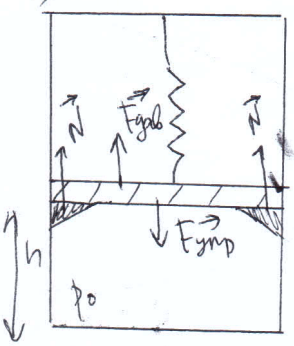
$Q = ?$

Решение:

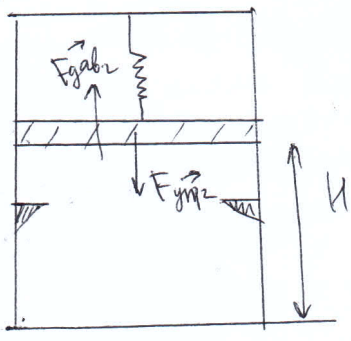
Расставим силы для каждого случая.



1)




2)



Уравнение для действующих сил:

$F_{упр1} = F_{давл} + 2N$ – 1 случай  $F_{упр} = kx$ (закон Гука), $F_{давл} = p \cdot S$ (т.к $p = \frac{F}{S}$)

$F_{упр2} = F_{давл2}$ – 2 случай

$\Downarrow$

для 2 случая: $k \cdot H = p_2 \cdot S \Rightarrow p_2 = \frac{kH}{S}$ – (1)

Уравнение Менделеева – Клапейрона

$p \cdot V = \nu R T$, – $V_1 = S \cdot h$, $V_2 = S \cdot H \Rightarrow$ $\begin{cases} p_0 \cdot Sh = \nu R T_0 \\ p_2 \cdot SH = \nu R T_2 \end{cases}$ – (2)

5

$Q = \Delta U + A'$ – по закону термодинамики.

$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ (т.к. газ одноатомный) $\Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_0) = \frac{3}{2} (p_2 \cdot SH - p_0 Sh)$

$p_2 = \frac{kH}{S} \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} (kH^2 - p_0 Sh)$

(1)

$A'$ – работа газа, $A' = p \Delta V$; $p = \frac{p_0 + p_2}{2} \Rightarrow A' = \frac{p_0 + p_2}{2} (SH - Sh)$

$\Rightarrow Q = \Delta U + A' = 2kH^2 - p_0 Sh - \frac{kHh}{2} - \frac{p_0 SH}{2}$

Ответ $Q = 2kH^2 - p_0 Sh - \frac{kHh}{2} - \frac{p_0 SH}{2}$

где процессы?