

+119288

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

119288

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика (наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Мазурин Даниил Дмитриевич

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, лицей №1502 при МЭУ

Регистрационный номер ШМ0076

Вариант задания 4

Дата проведения " 19 " марта 20 17 г.

Подпись участника

И.Д.

64 (шестьдесят четыре) бфс -

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

| | | | | | | | | | | |
|---|---|----|---|---|----|---|---|----|----|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Σ |
| 8 | 2 | 10 | 3 | 5 | 10 | 5 | 3 | 12 | 6 | 64 |
| | | | | | | | | | | |

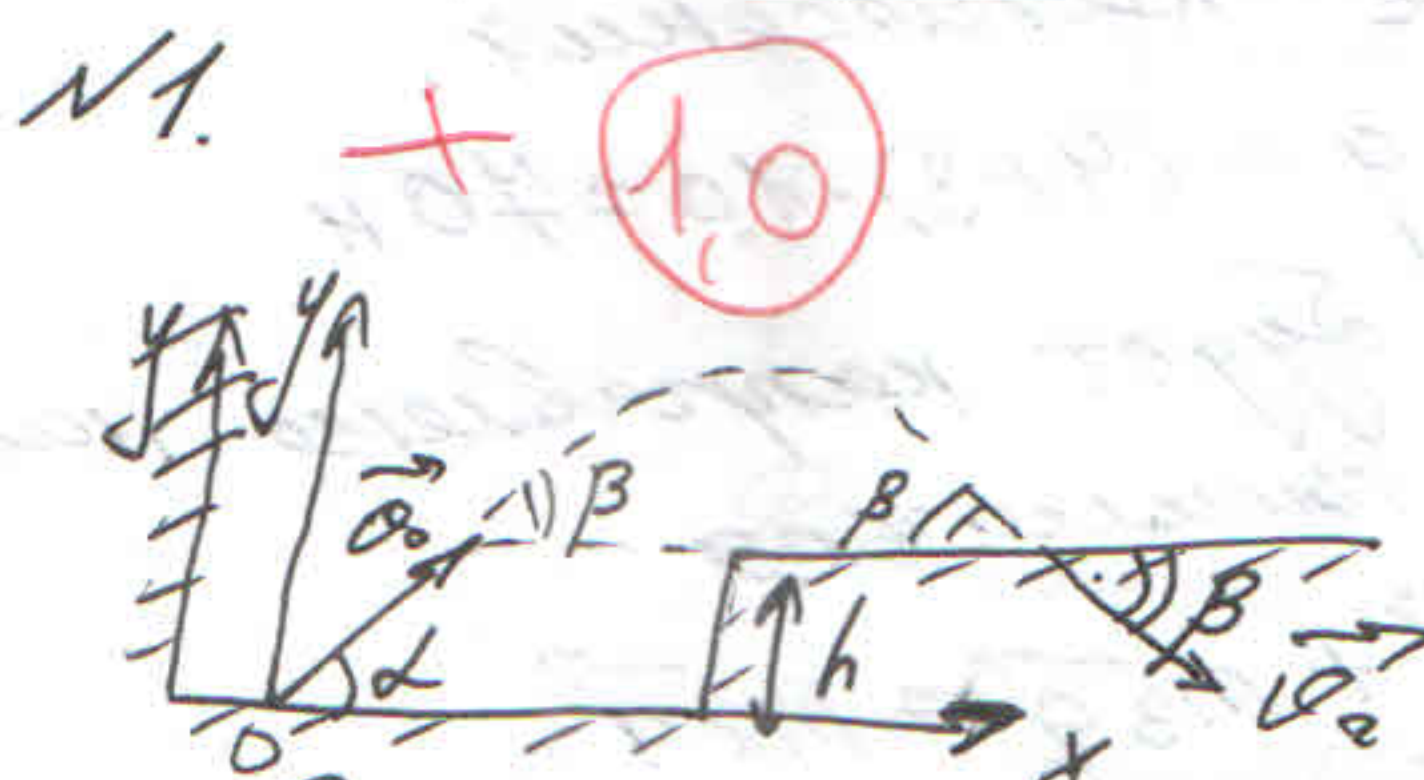
119288

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 4

Дано: $\alpha = 45^\circ$
 $v_0 = 20 \text{ м/с}$
 $h = 8 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\beta = ?$



Решение:

1) разложим скорость на горизонтальную и вертикальную составляющие по осям Ox и Oy .

$$v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

2) найдём значение времени, когда тело будет на высоте 8 м. Их будет 2, т.е. тело дважды была на этой высоте (подъём и спуск).

$$H = H_0 + v_{0y}t + \frac{at^2}{2}$$

$$Oy: H = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$8 = 20t \cdot \sin 45^\circ - \frac{10t^2}{2}$$

$$-5t^2 + 14,14t - 8 = 0$$

$$D = 14,14^2 - 4 \cdot 5 \cdot 8 = 6,32^2$$

$$t = \frac{-14,14 \pm 6,32}{-10}$$

$$t_1 = 2,046 \text{ с. (спуск)}$$

$$t_2 = 0,782 \text{ с. (подъём)}$$

$$3) \begin{cases} v_2 \sin \beta = v_0 \sin \alpha - gt \\ v_2 \cos \beta = v_0 \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow v_2 = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{\sin \beta} \quad (1)$$

$$2) \frac{(v_0 \sin \alpha - gt) \cos \beta}{\sin \beta} = v_0 \cos \alpha$$

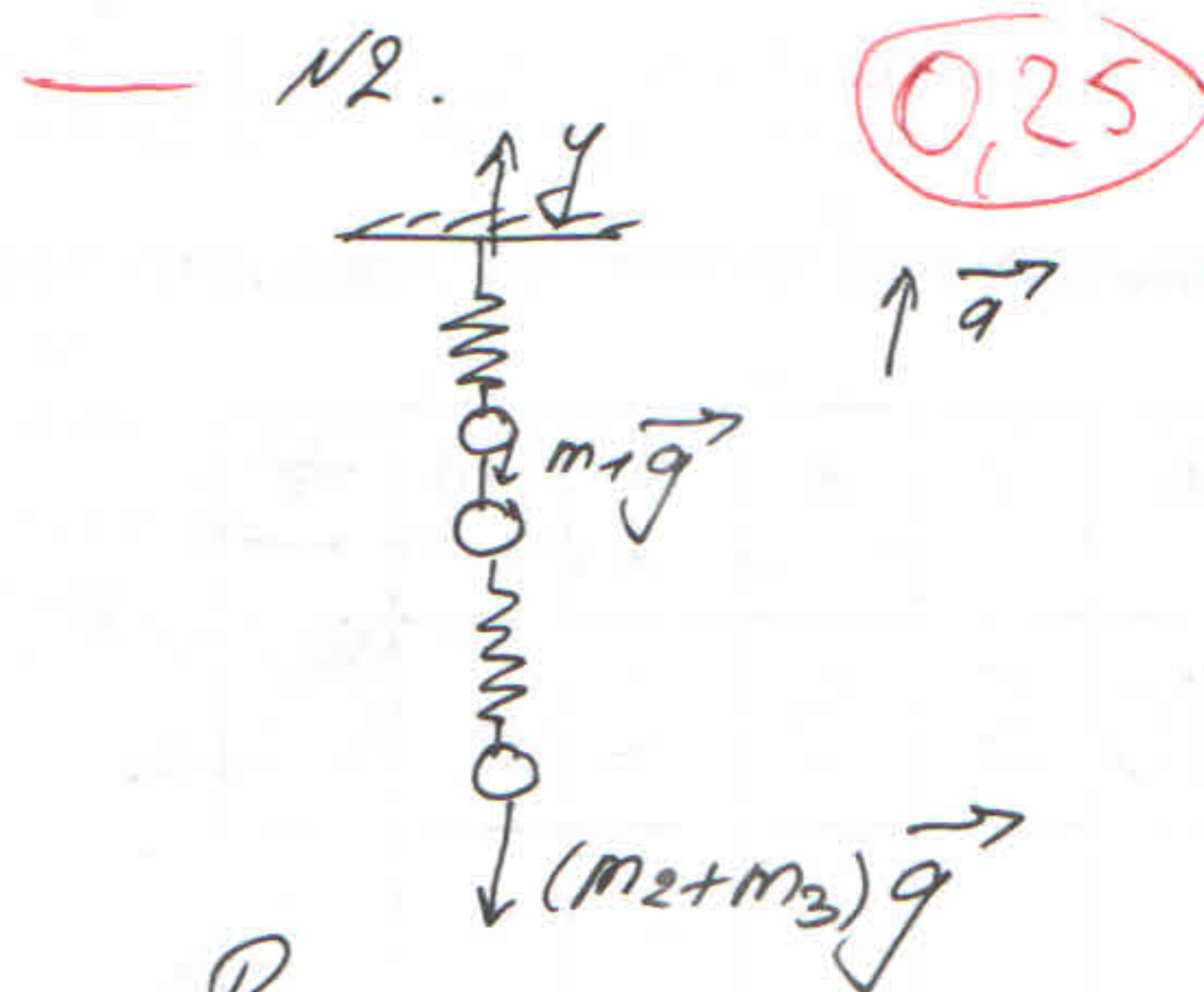
$$\text{ctg} \beta = \frac{v_0 \cos \alpha}{v_0 \sin \alpha - gt}$$

$$\text{tg} \beta = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{v_0 \cos \alpha} = \frac{20 \cdot \sin 45^\circ - 10 \cdot 0,782}{20 \cdot \cos 45^\circ} = 0,45$$

$$\beta = \arctg 0,45 = 24,2^\circ$$

Ответ: $24,2^\circ$

Дано: $m_1 = 1 \text{ кг}$
 $m_2 = 4 \text{ кг}$
 $m_3 = 3 \text{ кг}$
 $N = ?$
 $a = ?$



Решение:

1) вниз будут тянуть нить 2 шара, их сила тяжести равна силе натяжения.

$$N = (m_2 + m_3)g = (4 + 3) \cdot 10 = 70 \text{ Н}$$

2) ускорение будет направлено вверх, т.к. верхняя пружина начнет сжиматься.

$$m_1 \vec{g} + m_2 \vec{g} + m_3 \vec{g} = m_1 \vec{a}$$

ОУ: $-m_2 g - m_3 g + m_1 g = m_1 a$

$$a = \frac{(m_2 + m_3 + m_1)g}{m_1} = \frac{(-4 - 3 + 1) \cdot 10}{1} = 60 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 1) 70 Н

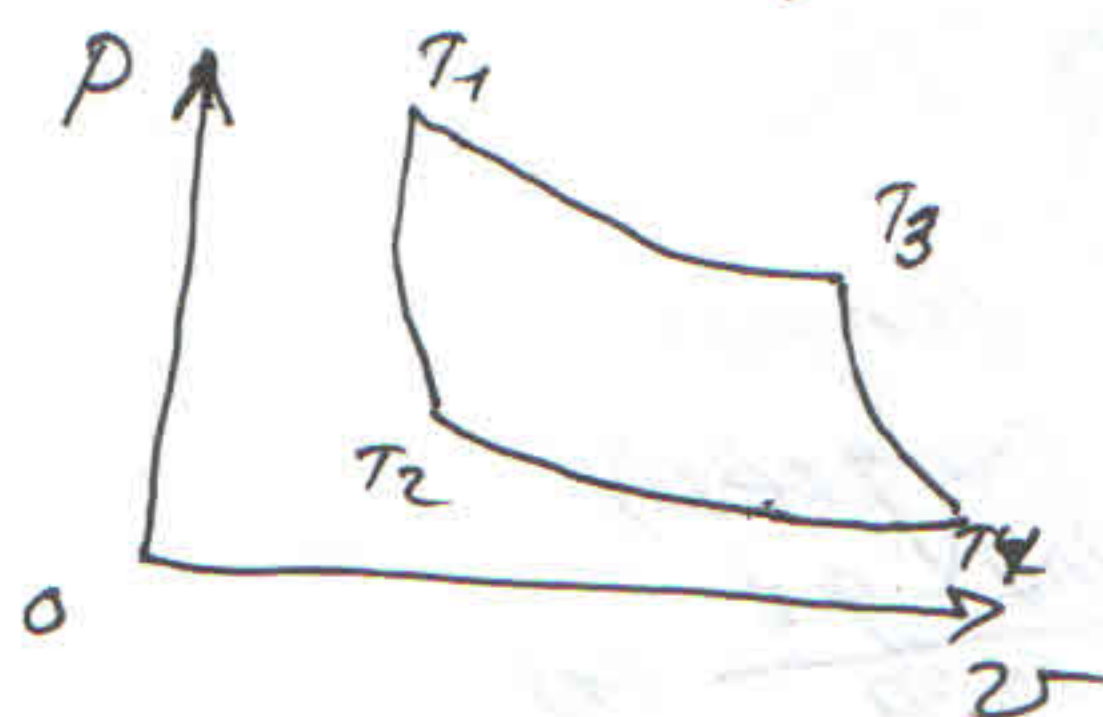
2) ускорение направлено вверх
 $a = 60 \text{ м/с}^2$

N6. + 1,0

Дано: $V = 1 \text{ моль}$

$$j = 3$$

$$\frac{A}{T_x} = ?$$



Решение:

1) цикл Карно состоит из 2-ух адиабат и 2-ух изотерм.

адиабата $\Rightarrow Q = 0 \Rightarrow A = -\Delta U = -\frac{j}{2} \nu R \Delta T$

2) $T_1 = T_3$, $T_2 = T_4$, т.е. изотермы.

$$A = -\frac{j}{2} \nu R (T_x - T_H) = -\frac{j}{2} \nu R T_x + \frac{j}{2} \nu R T_H$$

$$T_H = \frac{A + \frac{j}{2} \nu R T_x}{\frac{j}{2} \nu R} = \frac{A + 1,5 R T_x}{1,5 R} = \frac{2A}{3R} + T_x$$

3) $\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H}$

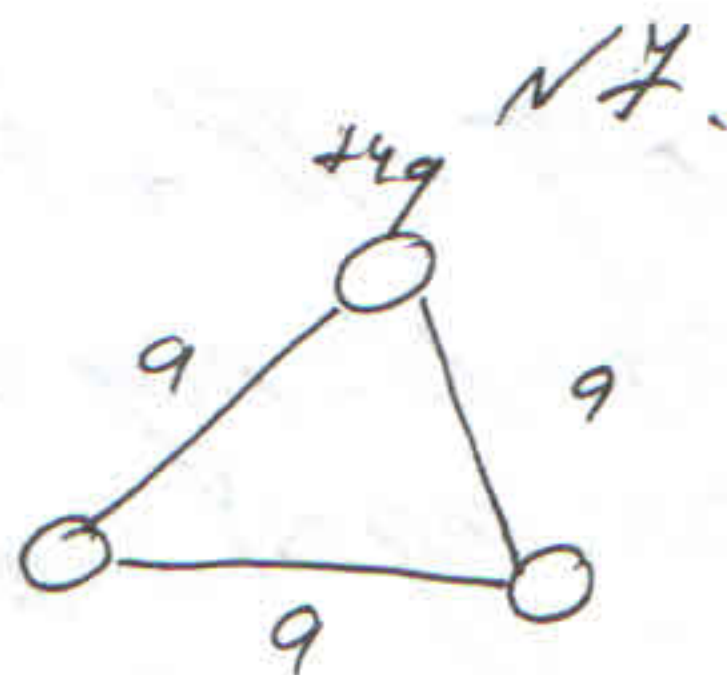
$$\eta = 1 - \frac{T_x}{\frac{2A}{3R} + T_x} \Rightarrow 1 - \eta = \frac{T_x}{\frac{2A}{3R} + T_x}$$

$$\frac{2A}{3R} + T_x - \frac{2A\eta}{3R} - T_x\eta = T_x$$

$$T_x = \frac{2A(1-\eta)}{3R\eta}$$

Ответ: $\frac{2A(1-\eta)}{3R\eta}$

Дано: q
 $\frac{4q}{3}$
 $W_n = ?$



Решение:

1) по 3-му сохран. заряда \Rightarrow т.к. все шары одинаковые, то заряд распределится между ними поровну.

$$4q = 3q_1 \Rightarrow q_1 = \frac{4q}{3}$$

2) Потенциальная энергия — энергия взаимодействия. Заряды взаимодействуют. всего взаимодействий 3 $\Rightarrow W_n = 3 \cdot \frac{kq^2}{a}$

Ответ: $\frac{4q^2}{3\pi\epsilon_0 a}$

Н9.

Решение:

Дано: $C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 $L = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$
 $q_m = 10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$
 $q_1 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$
 $I_1 = ?$

1) $q = q_m \cdot \cos(\omega t)$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ — формула Томсона

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$q = q_m \cdot \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)$
 $\cos\left(\frac{t_1}{\sqrt{LC}}\right) = \frac{q_1}{q_m}$

$\frac{t_1}{\sqrt{LC}} = \arccos\left(\frac{q_1}{q_m}\right) = 53,13$

$t_1 = \sqrt{LC} \cdot \arccos\left(\frac{q_1}{q_m}\right) = \sqrt{4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-6}} \cdot \arccos\left(\frac{6 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 10^{-9}}\right)$

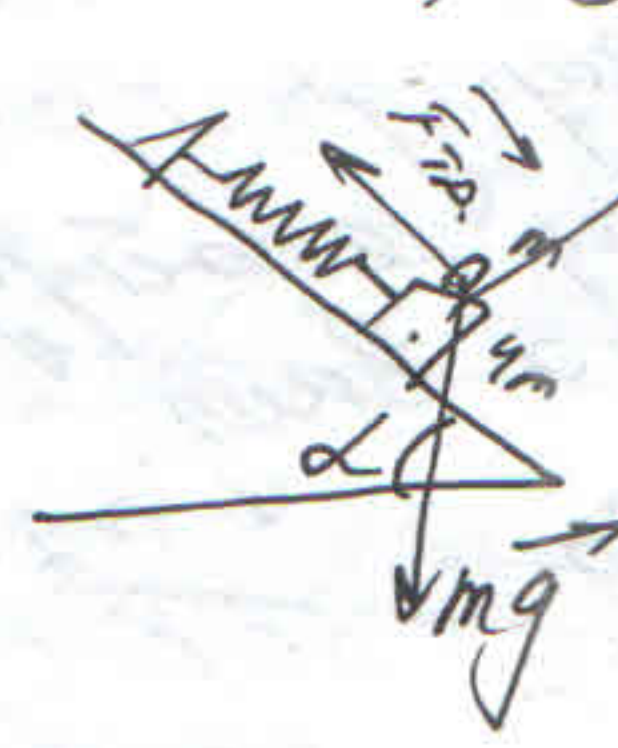
Сила тока — производная от заряда.
 2) $I_1 = q_1' = q_m \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right) = 10 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1}{\sqrt{4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-6}}} \cdot \sin\left(\frac{0,0159}{\sqrt{4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-6}}}\right)$
 $= 2,66 \cdot 10^{-5} \text{ А}$

Ответ: $2,66 \cdot 10^{-5} \text{ А}$

Н3.

Решение:

Дано: $4m$
 m
 k
 A
 $\mu = ?$



1) $x = A \cos\left(\sqrt{\frac{5m}{k}} t\right)$

ускорение — вторая производная от координаты.

$v = x' = -A \sqrt{\frac{5m}{k}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{5m}{k}} t\right)$

$a = v' = -A \cdot \frac{5m}{k} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{5m}{k}} t\right)$

ускорение максимально, когда $\cos\left(\sqrt{\frac{5m}{k}} t\right) = 1 \Rightarrow a_m = \frac{5m}{k} A$

2) $mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = -ma$, т.к. $\vec{m}\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр.} = m\vec{a}$
 - ma , т.к. в этом случае тело будет скользить, а не удерживаться из-за силы тяжести и ускорения.
 (когда тело поднимается)

$$g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = -a$$

$$g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = -\frac{5mA}{k}$$

$$\mu = \frac{\frac{5mA}{k} + g \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{5mA}{kg \cos \alpha} + \tan \alpha$$

Ответ: $\frac{5mA}{kg \cos \alpha} + \tan \alpha$.

№10. $\pm 0,5$
 Решение:

Дано: α
 b
 c
 B
 m
 $a = ?$

1) $\begin{bmatrix} C \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix}$

$C_0 = C_{эв.} = 3C$. (при парал. соедин.)
 $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

2) Энергия конденсатора равна $\frac{3CU^2}{2} = \frac{3C\epsilon^2}{2}$

$$\epsilon_i = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t} = B \cdot b \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

$\frac{\Delta y}{\Delta t}$ - производная от расстояния = скорости.

для скалярных перемещений:

$$v_2^2 - v_0^2 = 2ay \Rightarrow v = \sqrt{2ay}$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = \sqrt{2ay} \Rightarrow \epsilon_i = Bb \sqrt{2ay}$$

$$\epsilon_c = \frac{C\epsilon^2}{2} = \frac{2CB^2b^2ay}{2} = CB^2b^2ay$$

$\epsilon_c = F \cdot y$ (произведение силы на перемещение)

$$F = \frac{\epsilon_c}{y} = \frac{2CB^2b^2ay}{y} = 2CB^2b^2a$$



3) по правилу левой руки:
 если I по правилу правой руки \Rightarrow заряды приходят слева. По правилу левой руки \Rightarrow сила направлена вниз.

$$mg \sin \alpha + F = ma$$

$$a = \frac{mg \sin \alpha + 2CB^2b^2a}{m} = \frac{mg \sin \alpha}{m - 2CB^2b^2}$$

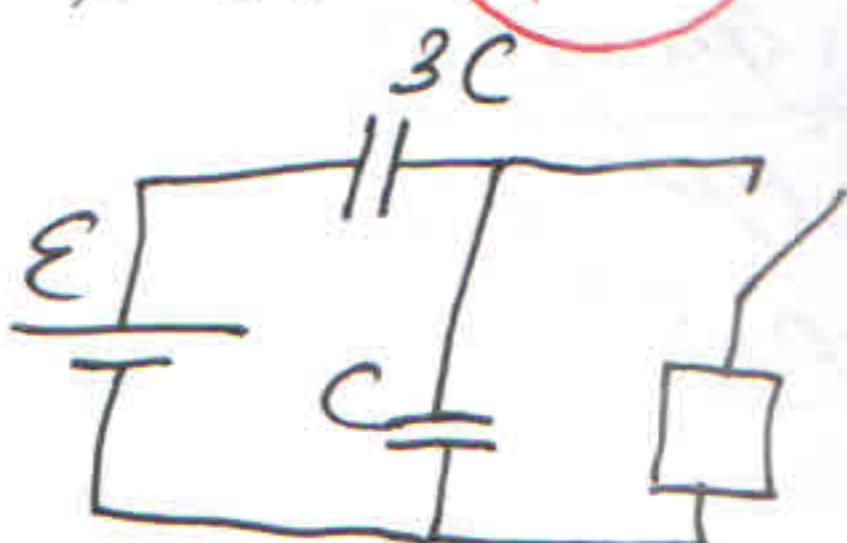
Ответ: $\frac{mg \sin \alpha}{m - 2CB^2b^2}$

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Шифр _____
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

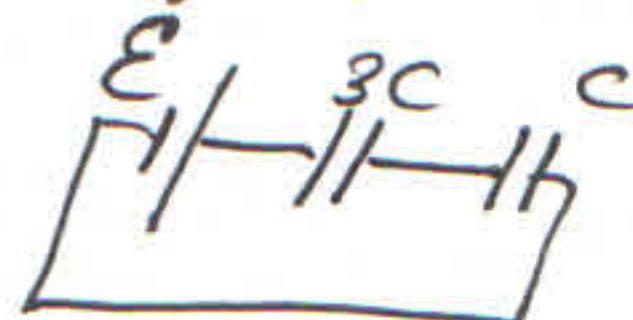
Вариант № 4

Дано: \mathcal{E}
 $\frac{C}{Q=?}$

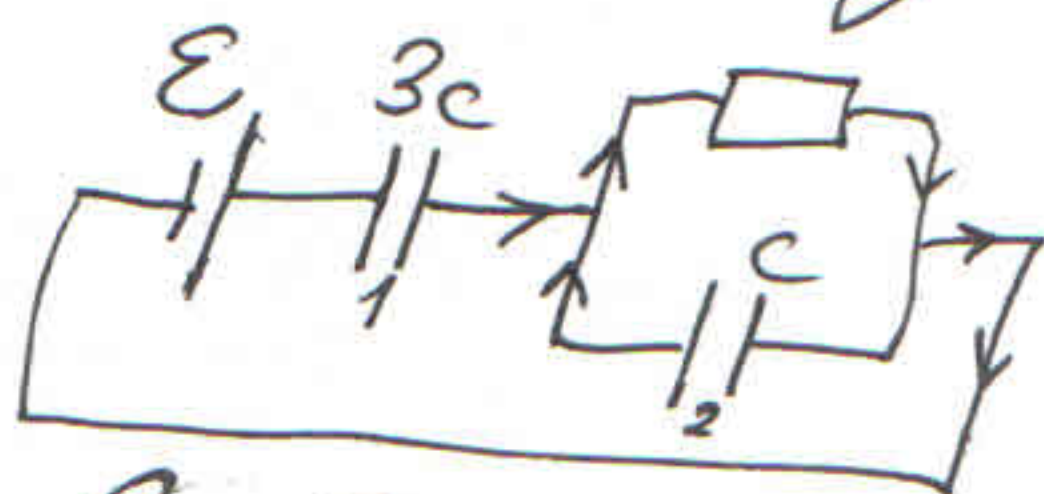


Решение:

1) до замыкания ключа



2) после замыкания ключа:



С экв. = $\frac{3C \cdot C}{3C + C} = 0,75C$

энергия сохраняется

$$\mathcal{E} \cdot q = \frac{q^2}{1,5C}$$

$$q = 1,5 \mathcal{E} C$$

энергия также сохраняется.

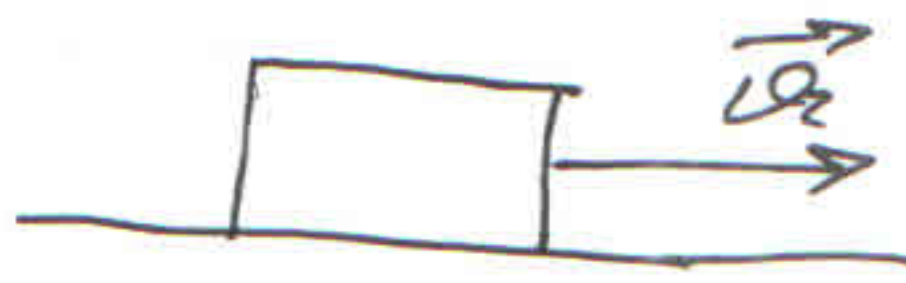
$$Q = \mathcal{E} C_1 + \mathcal{E} C_2 + \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} q = Q + \frac{q^2}{6C} - \frac{q^2}{2C}$$

$$Q = \mathcal{E} q + \frac{q^2}{2C} - \frac{q^2}{6C} = 1,5 \mathcal{E}^2 C + \frac{9 \mathcal{E}^2 C}{8} - \frac{3 \mathcal{E}^2 C}{8} = \frac{9}{4} \mathcal{E}^2 C$$

Ответ: $\frac{9}{4} \mathcal{E}^2 C$

№ 4. 0,25



Решение:

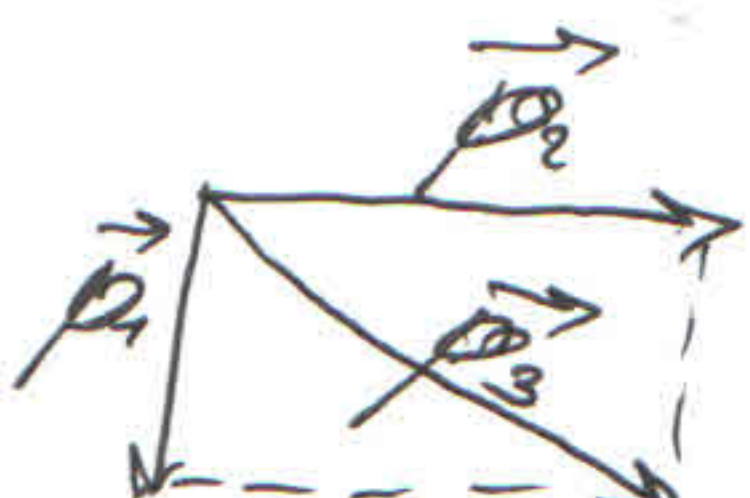
1) закон сохранения энергии для камня:

$$mgh = \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{2gh} = 14,14 \text{ м/с}$$

2) закон сохранения импульса:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_3$$

$$mv_1 + Mv_2 = (m+M)v_3$$



по т. Пифагора:

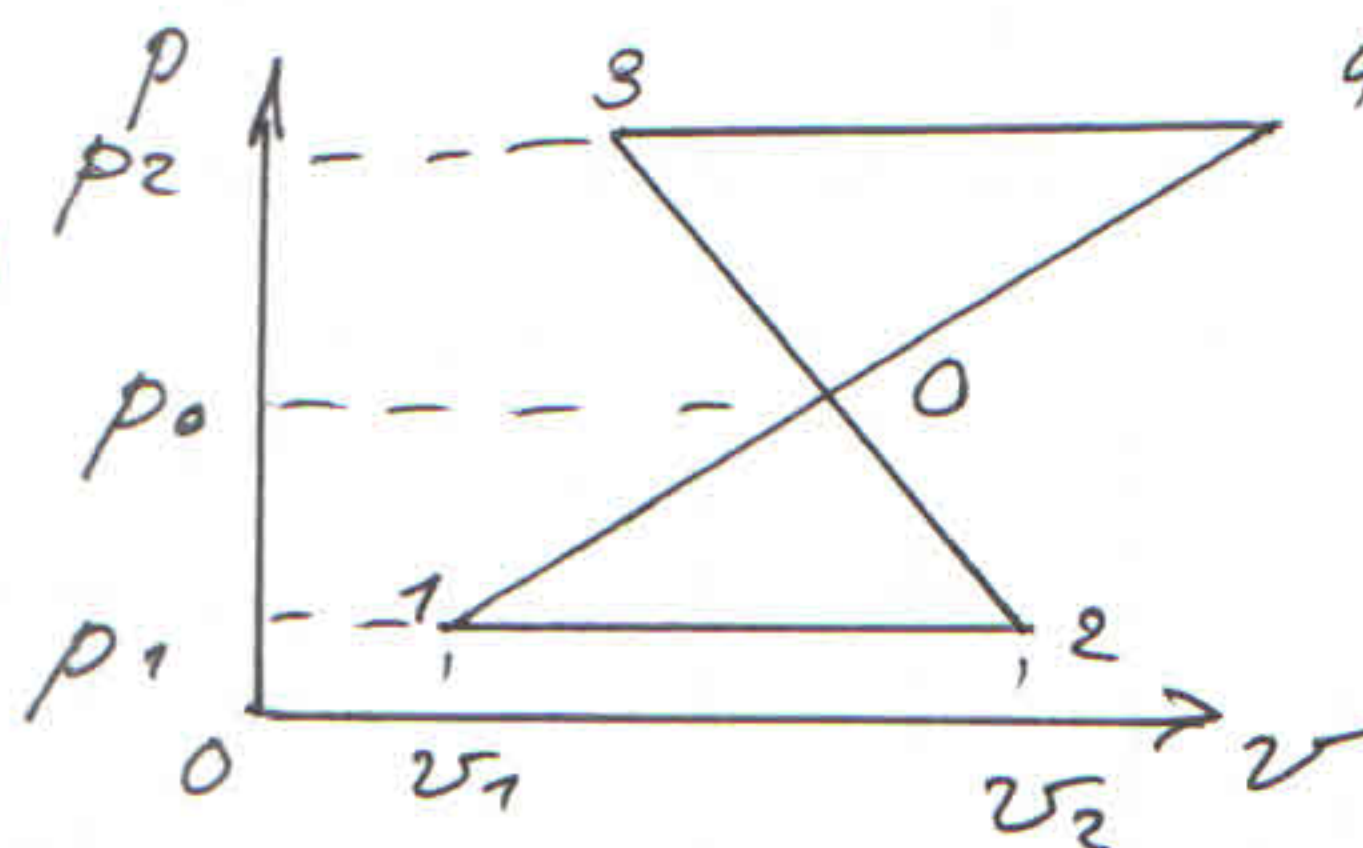
$$3) \Delta W = \frac{(m+M)v_3^2}{2} - mgh - \frac{Mv_2^2}{2} = \frac{12 \cdot 16,1^2}{2} - 3 \cdot 10 \cdot 10 - \frac{9 \cdot 16}{2} = 1,185 \text{ Дж}$$

Ответ: 1,185 Дж

N5. 4

Дано: $p_1 = 10^5 \text{ Па}$
 $p_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$
 $p_2 = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$
 $V_2 - V_1 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

0.5



$A = ?$

$A = S_{021} - S_{304}$ Решение:

1) $A = S_{304} - S_{021} + \dots$, т.к. работа-площадь под графиком.
 $S_{021} = \frac{(V_2 - V_1)(p_2 - p_1)}{2}$

$$\frac{S_{021}}{S_{304}} = \frac{h_1^2}{h_2^2} = \frac{(p_0 - p_1)^2}{(p_2 - p_0)^2}$$

$$S_{304} = S_{021} \cdot \frac{(p_2 - p_0)^2}{(p_0 - p_1)^2}$$

$$S_{304} = \frac{(V_2 - V_1)(p_2 - p_1)}{2} \cdot \frac{(p_2 - p_0)^2}{(p_0 - p_1)^2} = \frac{(V_2 - V_1)(p_2 - p_0)^2}{2(p_0 - p_1)}$$

подставим в первое ур-е:

$$2) A = (V_2 - V_1) \left(\frac{(p_2 - p_0)^2}{2(p_0 - p_1)} - \frac{(p_2 - p_1)}{2} \right) = 6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{(6 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^5)^2}{2(3 \cdot 10^5 - 10^5)} - \frac{(6 \cdot 10^5 - 10^5)}{2} \right) = -150 \text{ Дж}$$

Ответ: -150 Дж.