+1
физ

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 111712
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Калыбетов Ерасыл Бекмурзаевич

Город, № школы (образовательного учреждения) ГБОУ „Лицей „Международная космическая школа им. В.Н. Челомея" г. Байконур, 11 класс

Регистрационный номер ШМ 7643

Вариант задания 30

Дата проведения “11” марта 2017 г.

Подпись участника БКЕ

84 (восемьдесят четыре)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
8	4	10	10	5	3	10	10	12	12	84

Шифр 111712

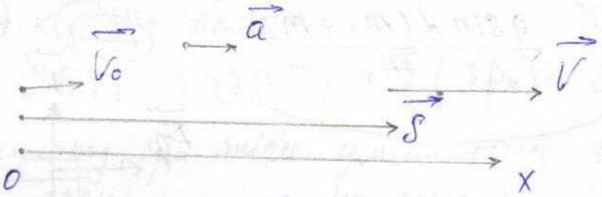
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 30

ЗАДАЧА 1.

Дано:
$t = 30с$
$S = 300м$
$n = 7$
$a - ?$

Решение:



Проекция перемещения на ось OX: $S_x = \frac{V_x^2 - V_{0x}^2}{2a_x}$; $S_x = \frac{V_{0x}+V_x}{2}\cdot t$

$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a}$; $S = \frac{V_0(n+1)}{2}\cdot t$

По условию $V = nV_0$; $S = \frac{V_0^2(n^2-1)}{2a}$

$V_0 = \frac{2S}{t(n+1)}$

$a = \frac{V_0^2(n^2-1)}{2S}$

$$a = \frac{4S^2(n^2-1)}{t^2(n+1)^2\cdot 2S} = \frac{2S(n^2-1)}{t^2(n+1)^2}$$

$$a = \frac{2\cdot 300м\cdot(49-1)}{(30с)^2\cdot(7+1)^2} = 0,5\ \frac{м}{с^2}$$

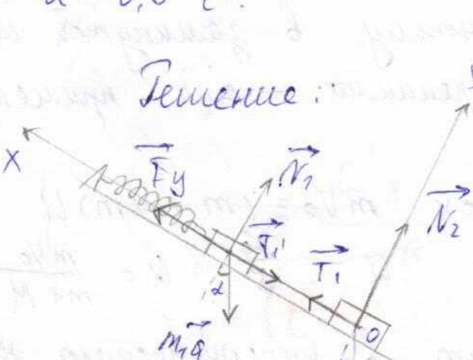
\+ 1

Ответ: $a = 0,5\ \frac{м}{с^2}$.

ЗАДАЧА 2

Дано:
α, m_1, m_2
$T, a_1 - ?$

Решение:



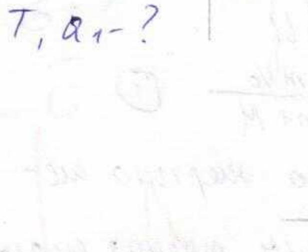
Рассмотрю силы, действующие на брусок массой m_2. Он покоится $\Rightarrow \vec{R} = 0$
$\vec{R}$ - векторная сумма сил, действующих на тело.

$\vec{N_2} + \vec{T_1} + m_2\vec{g} = 0.$

$\vec{T_1}$ - сила натяжения нити

$OX: T_1 = m_2 g \sin\gamma$

Найду γ:



$\beta = 90 - \alpha$
$\gamma = 90 - \beta = \alpha.$

$T_1 = m_2 g \sin\alpha$ - искомая сила натяжения нити

$OY: N_2 = m_2 g \cos\alpha.$

$T = m_2 g \sin\alpha.$ +

Рассмотрю силы, действующие на брусок массой m_1. В начале он покоится

$$\vec{F_y} + \vec{N_1} + m_1\vec{g} + \vec{T_1'} = 0.$$

$|\vec{T_1'}| = |\vec{T_1}|$, т.к. нить не растягивается, не движется.

$$OX: F_y = gm_1 \sin\alpha + T_1$$

$$F_y = m_1 g \sin\alpha + m_2 g \sin\alpha = g\sin\alpha(m_1 + m_2).$$ (+)

После пережигания нити сила упругости $\vec{F_y}$ сообщает бруску m_1 ускорение a_1, которое можно определить по II закону Ньютона.

$$m_1 a_1 = g\sin\alpha(m_1+m_2)$$

$$a_1 = \frac{g\sin\alpha(m_1+m_7)}{m_1}$$

$m_1 a_1 = -m_1 g \sin\alpha + F_y$

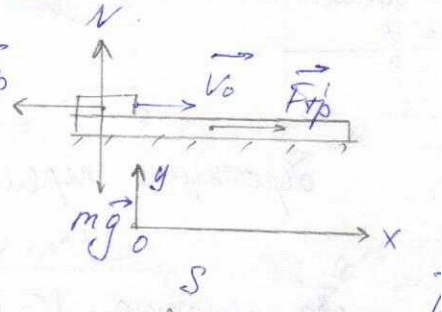
Ответ: $T = m_2 g \sin\alpha$; $a_1 = \dfrac{g\sin\alpha(m_1+m_2)}{m_1}$.

(−) 0,5

ЗАДАЧА 3.

Дано:
$M = 4m$
$h = 5$ м
$\mu = 0,4$
$t - ?$

Решение:



По закону сохранения механической энергии:

$$\Pi_0 + K_0 = K + \Pi.$$

$$mgh = \frac{mV_0^2}{2}$$

$V_0 = \sqrt{2gh}$ – скорость бруска перед попаданием на доску

$\vec{F_{тр}} = -\vec{F_{тр}'}$ по III закону Ньютона, поэтому в замкнутой системе тел брусок-доска со скомпенсированными внутренними силами применю закон сохранения импульса: $\vec{p_0} = \vec{p_к}$

$$m\vec{V_0} = (m+M)\vec{u}\ ;\ OX:\ mV_0 = (m+4m)u$$

$$u = \frac{V_0}{5};\ u = \frac{mV_0}{m+M} \quad (1)$$

Кинетическая энергия бруска переходит в кинетическую энергию системы тел и во внутреннюю энергию засчёт работы силы трения скольжения $\vec{F_{тр}}$. По закону сохранения полной энергии:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{(m+M)u^2}{2} + |A_{тр.}| \quad (2)$$

$$A_{тр} = \mu N \cdot S$$

$N = mg$ по II закону Ньютона на ось OY.

$A_{тр} = \mu m g S.$

При рассмотрении движения бруска относительно доски с начальной скоростью V_0 до полной остановки: $S_x = \frac{V_{0x}+V_x}{2} t$; $S = \frac{V_0}{2} \cdot t$

$t = \frac{2S}{V_0}.$

Подставлю U из выражение ① в выражение ②:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{(m+M)m^2V_0^2}{2(m+M)^2} = \mu m g S$$

$$\frac{mV_0^2}{2}\left(1 - \frac{m}{m+M}\right) = \mu m g S$$

$$\frac{V_0^2}{2}\left(1 - \frac{m}{m+4m}\right) = \mu g S; \quad \frac{V_0^2 \cdot 4}{2 \cdot 5} = \mu g S$$

$$S = \frac{2V_0^2}{5\mu g}$$

$$t = \frac{2V_0^2 \cdot 2}{V_0 5 \mu g} = \frac{4V_0}{5\mu g} = \frac{0{,}8\sqrt{2gh}}{\mu g}.$$

Ответ: $t = \frac{4\sqrt{2gh}}{5\mu g}$; $t = \frac{4}{5\mu}\sqrt{\frac{2h}{g}}.$ + 1− ? где расчёт

№4

Дано:

Нормальные усл.

He, N_2

$\rho = 0{,}60 \frac{г}{л} = 0{,}6 \frac{кг}{м^3}$

n_1, n_2 − ?

Решение:

$\rho = \frac{m_1+m_2}{V} = \rho_1 + \rho_2$; $\rho_1 = \rho - \rho_2$

По закону Дальтона общее давление определяется суммой давлений отдельных газов: $p = p_1 + p_2$.

$p = p_A$, т.к.

Нормальные условия, тогда $T = 273 K$.

По уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$p_1 V = \frac{m_1}{M_1} RT; \quad p_1 = \frac{\rho_1}{M_1} RT$$

$$p_2 V = \frac{m_2}{M_2} RT, \quad p_2 = \frac{\rho_2}{M_2} RT.$$

Температуры газов я принял равными, т.к. они составляют смесь и средняя кинетическая энергия для молекул обоих газов одинакова.

$$p_A = RT\left(\frac{\rho_1}{M_1} + \frac{\rho_2}{M_2}\right).$$

$$\frac{p_A}{RT} = \frac{\rho - \rho_2}{M_1} + \frac{\rho_2}{M_2}$$

$$\frac{p_A}{RT} = \frac{\rho}{M_1} + \rho_2\left(\frac{1}{M_2} - \frac{1}{M_1}\right).$$

$$\rho_2\left(\frac{1}{M_2} - \frac{1}{M_1}\right) = \frac{p_A}{RT} - \frac{\rho}{M_1}$$

$$\rho_2 = \frac{\left(\frac{p_A}{RT} - \frac{\rho}{M_1}\right)M_1 M_2}{M_1 - M_2}$$

Концентрация газа $n = \frac{N}{V}$; N − количество молекул в объёме.

$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$; $N = \frac{mN_A}{M}$; $n = \frac{mN_A}{V \cdot M} = \rho \frac{N_A}{M}$;

$$n_2 = \frac{\rho_2 N_A}{M_2} = \frac{N_A \left(\frac{pA}{RT} - \frac{\rho}{M_1} \right) M_1 M_2}{M_2 \ (M_1 - M_2)} = \frac{N_A M_1 \left(\frac{pA}{RT} - \frac{\rho}{M_1} \right)}{M_1 - M_2}.$$

~~Пусть~~ для азота $M_1 = 2 \cdot 0{,}014 \frac{кг}{моль} = 0{,}028 \frac{кг}{моль}$ (из табл. Менделеева)

$M_2 = 0{,}004 \frac{кг}{моль}$ (Гелий – инертный газ, молекула состоит из одного атома).

Концентрация азота: $n_1 = \frac{(\rho - \rho_2) N_A}{M_1}$

Для упрощения вычислений найду ρ_2.

$$\rho_2 = \frac{\left(\frac{10^5 \text{ Па}}{8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 273 К} - \frac{0{,}60 \frac{кг}{м^3}}{0{,}028 \frac{кг}{моль}} \right) 0{,}028 \frac{кг}{моль} \cdot 0{,}004 \frac{кг}{моль}}{0{,}028 \frac{кг}{моль} - 0{,}004 \frac{кг}{моль}} = 0{,}106 \frac{кг}{м^3}.$$

Концентрация гелия: $n_2 = \frac{0{,}106 \frac{кг}{м^3} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{0{,}004 \frac{кг}{моль}} = 1{,}595 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

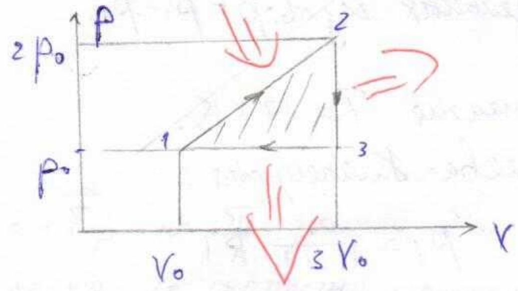
Концентрация азота: $n_1 = \frac{(0{,}060 \frac{кг}{м^3} - 0{,}106 \frac{кг}{м^3}) \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{0{,}028 \frac{кг}{моль}} = 1{,}062 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$

Ответ: $n_1 = 1{,}062 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$

$n_2 = 1{,}595 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

+ 1

ЗАДАЧА 5



$\eta = \frac{A_Г}{Q_{потр.}}$ $Q_{нагр} = Q_{V2}$

$A_Г$ – работа газа за весь цикл: $A_Г = A_1 + A_2 + \ldots$

$Q_{потр}$ – теплота, передаваемая газу за весь цикл.: $Q_{потр.} = Q_1 + Q_2 + Q_3$.

$A_Г = S_\Delta = \frac{1}{2}(3V_0 - V_0)(2p_0 - p_0) = \frac{3}{2} p_0 V_0$.

1-2: По I началу термодинамики

$\Delta U_1 = Q_1 - A_1$

$Q_1 = \Delta U_1 + A_1$

по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_1 \\ 6 p_0 V_0 = \nu R T_2 \\ 3 p_0 V_0 = \nu R T_3 \end{cases}$$

Для одноатомного газа: $\Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1 =$

$= \frac{3}{2}(6 p_0 V_0 - p_0 V_0) = \frac{15}{2} p_0 V_0$.

$A_1 = S_Д = \frac{1}{2}(3V_0 - V_0)(p_0 + 2p_0) = 3 p_0 V_0$

$Q_1 = \frac{21}{2} p_0 V_0$.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 111712

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 30

2-3: $\Delta U_2 = Q_2 \mp A_2$

$A_2 = 0$, т.к. $V = const$.

$\Delta U_2 = \frac{3}{2}\nu R T_3 - \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}(3p_0V_0 - 6p_0V_0) < 0 \Rightarrow$ газ передаёт окружающей среде теплоту, при этом уменьшается его внутренняя энергия.

В процессе 2-3 газу теплота не передаётся.

3-1: $\Delta U_3 = Q_3 - A_3$

$Q_3 = \Delta U_3 + A_3$; $A_3 < 0$, т.к. объём уменьшается, газ работу не совершает.

$\Delta U_3 = \frac{3}{2}\nu R T_1 - \frac{3}{2}\nu R T_3 < 0 \Rightarrow$ в процессе 3-1 газу теплота не передаётся.

$$\eta = \frac{\frac{3}{2}p_0V_0}{\frac{21}{2}p_0V_0} = \frac{1}{7}.\ (14\%)$$

⊖

0,5

Ответ: $\eta = \frac{1}{7}$ или $\eta = 14\%$.

ЗАДАЧА 6.

Дано:

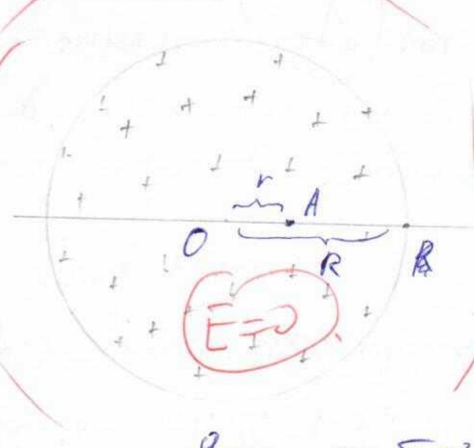
$R = 10$ см

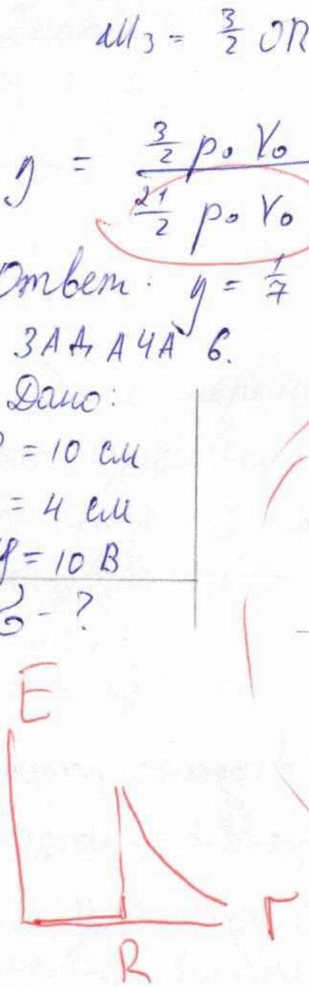
$r = 4$ см

$\varphi = 10$ В

σ - ?

Решение:





Рассмотрим (.) А.

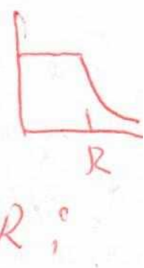
По теореме Гаусса: $\frac{q}{\varepsilon_0} = \Phi$

q - заряд всего шара

Φ - поток вектора напряжённости

$\Phi = E \cdot S$

S - площадь поверхности сферы радиусом r.



$\frac{q}{\varepsilon_0} = E \cdot 4\pi r^2$

$E = \frac{q}{4\pi r^2 \varepsilon_0}$

п/м $r < R$;

$E = 0$

Потенциал (.)-ки А: $\varphi = E \cdot r = \frac{q}{4\pi r \varepsilon_0}$

$q = \varphi \cdot 4\pi r \varepsilon_0$

⊖ $r < R$ $\varphi = k\frac{Q}{R}$

Поверхностная плотность заряда: $\sigma = \frac{q}{4\pi R^2} = \frac{\varphi \cdot 4\pi r \varepsilon_0}{4\pi R^2} = \frac{\varphi \varepsilon_0 r}{R^2}$.

$$\sigma = \frac{10\,В \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}\,\frac{Ф}{м} \cdot 0,04\,м}{(0,1\,м)^2} = 3,5 \cdot 10^{-10}\,\frac{Кл}{м^2}.$$

Ответ: $\sigma = 3,5 \cdot 10^{-10}\,\frac{Кл}{м^2}$ — 0,25 (3. теорема Гаусса)

ЗАДАЧА 7.

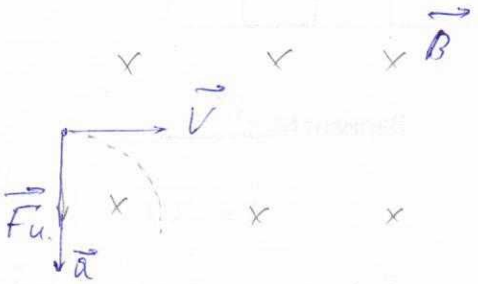
Дано:

$V = 4 \cdot 10^7\,\frac{м}{с}$

$B = 10^{-3}\,Тл$

$a - ?$

Решение:



По II закону Ньютона:

$m\vec{a} = \vec{F_л}$

$ma = F_л$

$F_л = qVB$, q - элементарный заряд

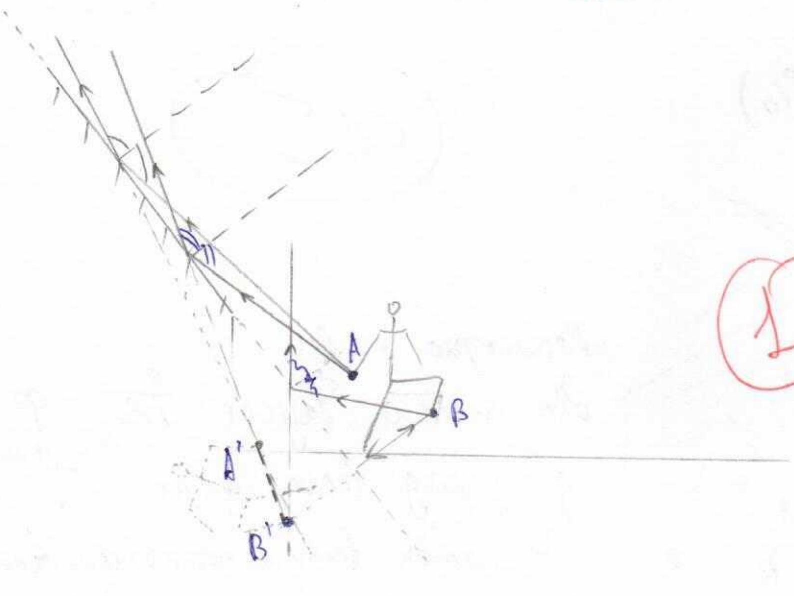
$a = \frac{qVB}{m}$

$$a = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}\,Кл \cdot 4 \cdot 10^7\,\frac{м}{с} \cdot 10^{-3}\,Тл}{9,1 \cdot 10^{-31}\,кг} = 7 \cdot 10^{15}\,\frac{м}{с^2}$$

На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле действует сила Лоренца, которая сообщает частице ускорение.

Ответ: $a = 7 \cdot 10^{15}\,\frac{м}{с^2}$. +1

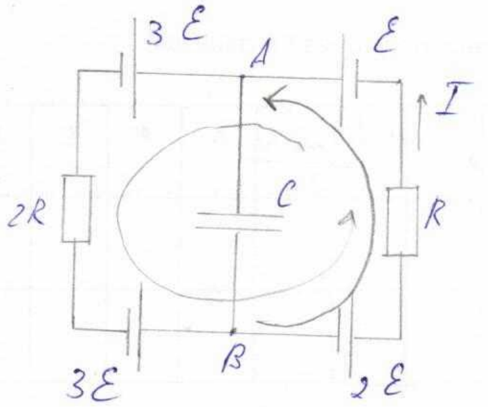
ЗАДАЧА 8.



1

Для получения изображения макроскопического объекта, необходимо построить изображения основных точек объекта (для отрезка это начало и конец, для треугольника — его вершины, и т.п.). Чтобы построить изображение точки нужно пустить 2 луча на зеркало, пересечение продолжений отраженных лучей даст изображение точки.

ЗАДАЧА 9



Энергия конденсатора:

$W = \frac{CU^2}{2}$

U – напряжение ~~на~~ между обкладками конденсатора.

C – электроёмкость конденсатора

$U = |\varphi_A - \varphi_B|$.

по II закону Кирхгофа: $I \cdot R + I \cdot 2R = \mathcal{E} - 3\mathcal{E} + 3\mathcal{E} + 2\mathcal{E}$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

потенциал (.) A: $\varphi_A = \varphi_B + 2\mathcal{E} - IR + \mathcal{E}$

$$\varphi_A - \varphi_B = 3\mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot R = 2\mathcal{E}$$

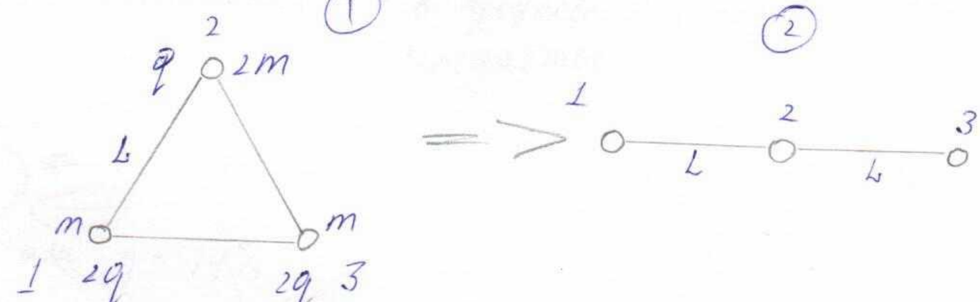
$$W = \frac{C \cdot 4\mathcal{E}^2}{2} = 2C\mathcal{E}^2.$$

Ответ: $W = 2C\mathcal{E}^2$. + 1

ЗАДАЧА 10.

Дано:
m, q, L
V_{2max} ?

Решение:



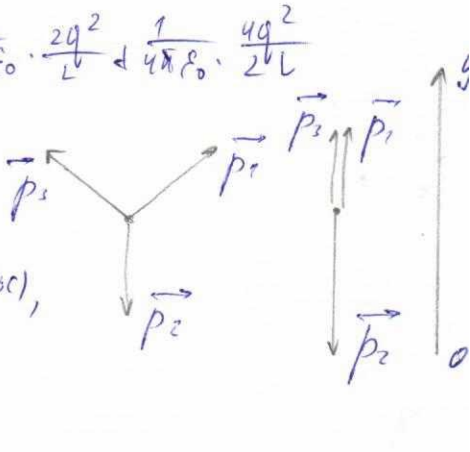
После перегорания нити 1-3 система под действием внутренних сил кулоновского отталкивания и сил натяжения нити переходит из состояния 1 в состояние 2. При этом часть потенциальной энергии взаимодействия шариков переходит в кинетическую энергию их движения.

Потенциальная энергия в начале: $W_{p_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{L} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{L} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{4q^2}{L}$

Потенциальная энергия в конце: $W_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{L} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{L} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{4q^2}{2L}$

$\Delta W_p = \frac{2kq^2}{L \cdot 4\pi\varepsilon_0} = W_k - \cancel{W_{k0}}^{0}$.

По закону сохранения импульса: $0 = \vec{p_1} + \vec{p_2} + \vec{p_3}$



Шарик 2 будет иметь максимальную скорость (и импульс), когда $\vec{p_1}, \vec{p_3} \uparrow\downarrow \vec{p_2}$; $OY: 0 = mV + mV - 2mV_{2max}$.

$$2mV_{2max} = 2mV$$

$$V_{2max} = V.$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{L} = \frac{mV_{2max}^2}{2} + \frac{mV_{2max}^2}{2} + \frac{2mV_{2max}^2}{2};$$

$$\frac{q^2}{\cancel{8}\pi\varepsilon_0 L} = \frac{4mV_{2max}^2}{\cancel{2}}$$

$$V_{2max}^2 = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 mL}$$

$$V_{2max} = \frac{q}{2}\sqrt{\frac{1}{\pi\varepsilon_0 mL}}.$$

+ 1

Ответ: $V_{2max} = \frac{q}{2}\sqrt{\frac{1}{\pi\varepsilon_0 mL}}.$