

Шифр

115034

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника

Гордаев Сергей Дмитриевич

Город, № школы (образовательного учреждения)

Санкт-Петербург,
ГБОУ СОШ № 72, 11 "А"

Регистрационный номер

247

Вариант задания

17

Дата проведения « 15 »

марта

2020 г.

Подпись участника

61 (шестьдесят один) *Али*

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
1	1	95	1	1	95					
10	12	9	12	12	6					61

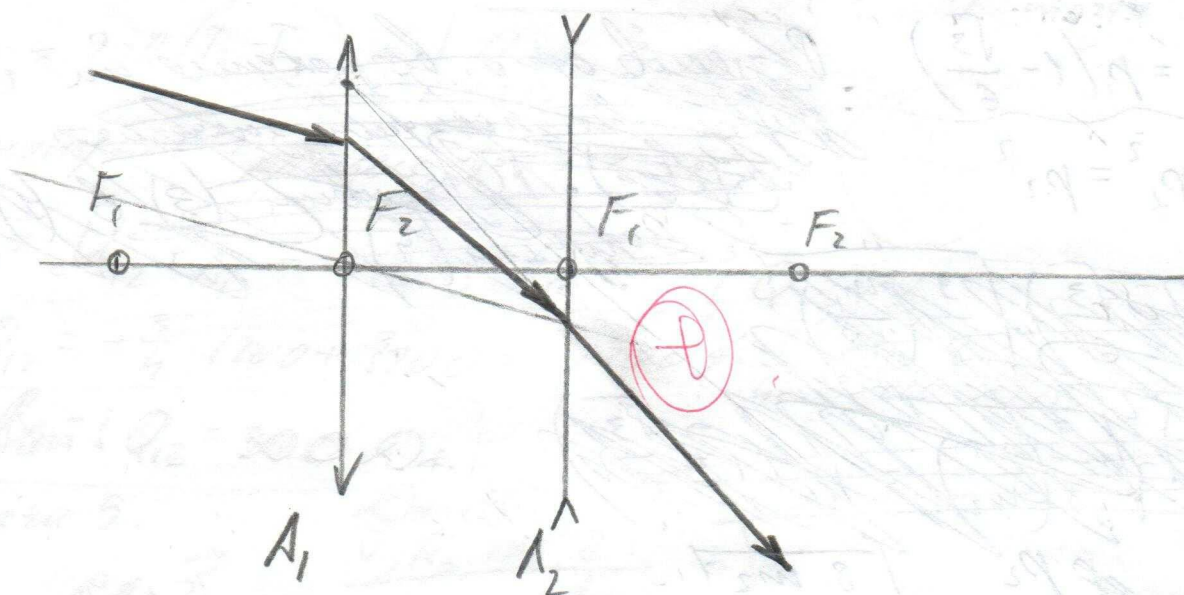
115034

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 17

Задача 1



Задача 2.

(I) - движение

(II) - столкновение

(III) - после удара

Дано:

$$m_1 = m$$

$$p_1, p_1' = \frac{p_1}{3}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m_2 = ?$$

Так как система замкнута, то мы можем записать ЗСЭ - (Закон сохранения энергии) и ЗСИ - (Закон сохранения импульса) для ~~обоих шариков~~ шариков.

ЗСИ: $\vec{p}_1 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2$, где p_2 - импульс шарика m_2 после удара.

на ось Ox : $p_1 = p_1' \cos \alpha + p_2 \cos \beta$, где β - угол отклонения шарика с массой m_2

Т.к. $\begin{cases} p_1' = \frac{p_1}{3}, \text{ то: } p_1 = \frac{p_1 \sqrt{3}}{2} + p_2 \cos \beta \\ \alpha = 30^\circ \end{cases}$

(1) $p_2 \cos \beta = p_1 \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{6}\right)$

ЗСЭ: $\frac{p_1^2}{2m_1} = \frac{p_1'^2}{2m_1} + \frac{p_2^2}{2m_2} \Leftrightarrow \frac{p_2^2}{2m_2} = \frac{p_1^2 - p_1'^2}{2m_1}$

$p_2^2 = \left(\frac{m_2}{m_1}\right) \cdot p_1^2 \left(1 - \frac{1}{9}\right) = \frac{8}{9} \frac{m_2}{m_1} p_1^2$

(2) $\frac{8}{9} \frac{m_2}{m_1} p_1^2 = p_2^2$

Имеем систему уравнений (1) и (2):

ЗСЭ: $p_2 \cos \beta = p_1 \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{6}\right)$

ЗСЭ: $\frac{8}{9} \frac{m_2}{m_1} p_1^2 = p_2^2$

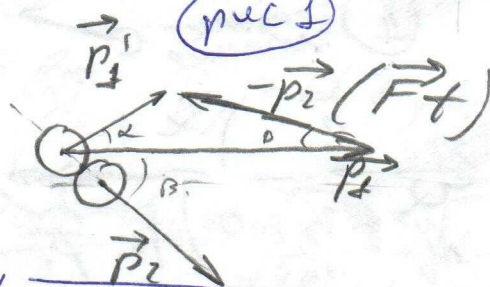
~~Разрешив одно уравнение на p_2 и подставив значение в (2), получим (3) и (4).~~

~~(3) $p_2 = \frac{p_1 \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{6}\right)}{\cos \beta}$~~

(4) $\frac{p_2}{p_1} = \sqrt{\frac{8}{9} \frac{m_2}{m_1}}$

Изменение импульса также можно представлять как (рис 5)

По теореме косинусов можем найти, что:



$|\vec{F}(+) = -\vec{p}_2|$

~~$p_2 = \sqrt{p_1^2 + p_1'^2 - 2 p_1 p_1' \cos \alpha}$~~ , $p_2 = p_1 \sqrt{1 + \frac{1}{9} - 2 \frac{1}{3} \cos \alpha}$

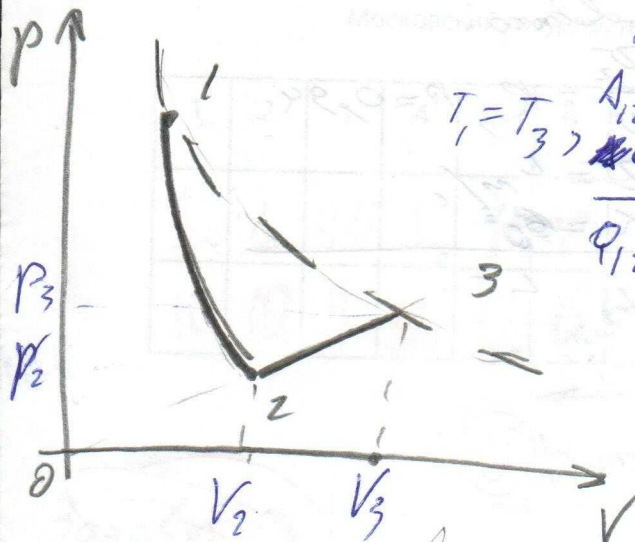
$p_2 = p_1 \sqrt{1 + \frac{1}{9} - \frac{2\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1}{2}} = p_1 \sqrt{\frac{10}{9} - \frac{\sqrt{3}}{3}} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{1}{3} \sqrt{10 - 3\sqrt{3}}$

Подставим p_2 в ЗСЭ и получим:

$\frac{8}{9} \frac{m_2}{m_1} = \frac{10 - 3\sqrt{3}}{9} \Leftrightarrow m_2 = m_1 \frac{10 - 3\sqrt{3}}{8} = m \frac{10 - 3\sqrt{3}}{8} = 0,6m$

Ответ: ~~...~~ $m_2 = 0,6m$

Задача 4.



Дано:
 $T_1 = T_3$
 $A_{12} = 1700 \text{ Дж}$
 $Q_{23} = 1700 \text{ Дж}$
 $Q_{12} = ?$

Рассмотрим процесс 2-3:
 $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$

Значение работы A_{23} можно найти из треугольников под графиком, тогда:

$$A_{23} = \frac{1}{2} p_3 V_3 - \frac{1}{2} p_2 V_2 = \frac{1}{2} pR(T_3 - T_2)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} pR(T_3 - T_2), \text{ тогда:}$$

$$Q_{23} = 2pR(T_3 - T_2) \Rightarrow \Delta U_{23} = \frac{3}{4} Q_{23}$$

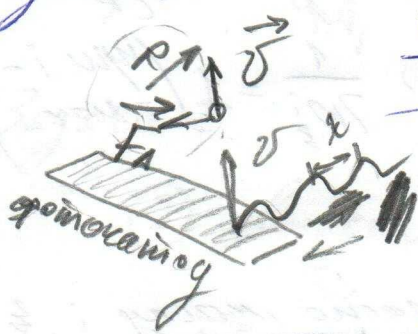
Рассмотрим процесс 1-2:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = -\Delta U_{23} + A_{12} = -\frac{3}{4} Q_{23} + A_{12}$$

$$Q_{12} = -\frac{3}{4} \cdot 1700 + 1700 = 1700 \cdot \frac{1}{4} = 300 \text{ Дж}$$

Ответ: $Q_{12} = 300 \text{ Дж}$

Задача 5.



Дано:
 v, R, m, e
 $A_{\text{вих}} = ?$

Заменим $3C \Rightarrow$ где Δ — работа вихря.
 $h\nu = A + \frac{mev^2}{2}$, где A — работа вихря.
 h — постоянная Планка.

$$A = h\nu - \frac{mev^2}{2}$$

т.к. электрон движется по окружности, то:

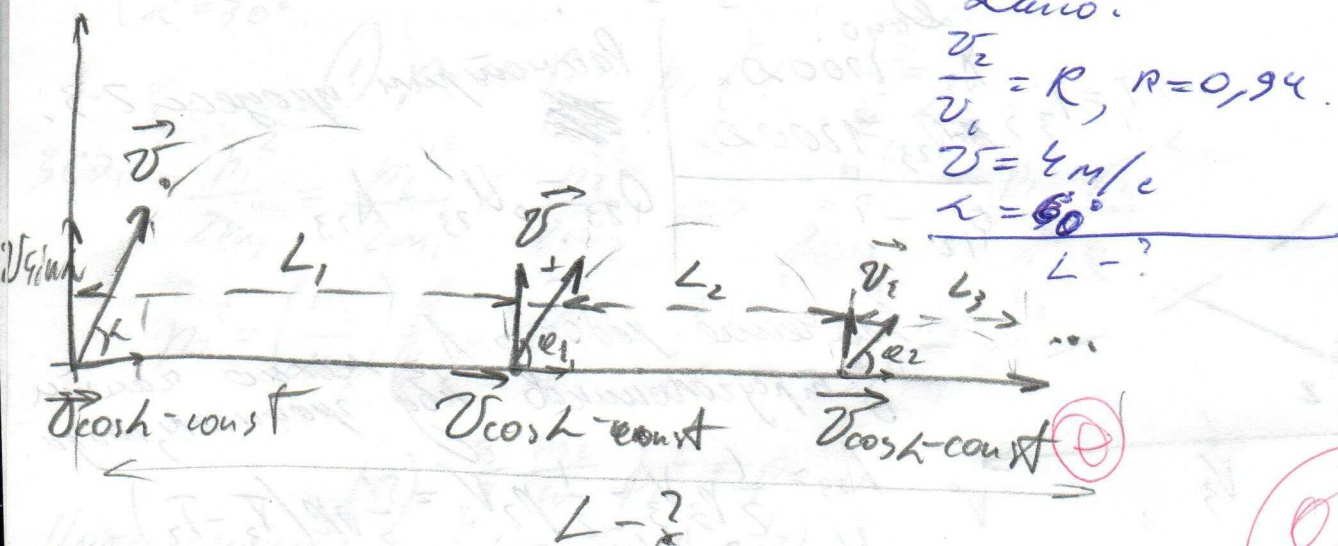
$$me \frac{v^2}{R} = e v B \Rightarrow v = \frac{eBR}{m}, \text{ так } e - \text{заряд электрона.}$$

$$C = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$A = h \frac{c}{\lambda} - \frac{me e^2 B^2 R^2}{2me} = h \frac{c}{\lambda} - \frac{e^2 B^2 R^2}{2me}$$

Ответ: $A_{\text{вих}} = h \frac{c}{\lambda} - \frac{e^2 B^2 R^2}{2me}$

Задача 3.



Рассмотрим зависимость скорости от номера удара о землю:

$$\frac{v_{n+1}}{v_n} = \frac{v_{n+2}}{v_{n+1}} = R \quad \left| \Rightarrow \quad \begin{array}{l} v_{n+2} = \frac{v_{n+1}^2}{v_n} \\ v_{n+1} = v_n R \end{array} \right| \Rightarrow v_{n+2} = R^2 \cdot v_n$$

т.к. $v \cos h = v_i \cos \varphi_i = \dots = \text{const}$, где i - номер удара.

$$v_i \cos \varphi_i = v \cos h \Leftrightarrow \cos \varphi_i = \frac{v \cos h}{v_i} = \frac{v \cos h}{R^i \cdot v} = \frac{\cos h}{R^i} = \frac{1}{2 R^i}$$

$$\boxed{\cos \varphi_i = \frac{1}{2 R^i}}, \text{ т.к. } |\cos \varphi_i| \leq 1, \text{ то } \left| \frac{1}{2 R^i} \right| \leq 1 \Leftrightarrow \frac{1}{2 R^i} = 1 \text{ (при } i = 11 \text{)}$$

$$\frac{1}{2 R^i} = 1 \Leftrightarrow 2 R^i = 1 \Leftrightarrow R^i = \frac{1}{2}$$

Тогда $i = \log_R \frac{1}{2} = \log_{0,94} \left(\frac{1}{2} \right) = 11,2$ тогда согласно условию i , &

$$L_i = \frac{v_i^2 \sin(2\varphi_i)}{g}, \quad \sin(2\varphi_i) = 2 \sin \varphi_i \cos \varphi_i = 2 \sqrt{1 - \frac{1}{4 R^{2i}}} \cdot \frac{1}{2 R^i} = \frac{2 \sqrt{4 R^{2i} - 1}}{2 R^i}$$

$$\boxed{i = 11}$$

$$L_i = \frac{(v \cdot R^i)^2 \sqrt{4 R^{2i} - 1}}{2 R^{2i} g}$$

Суммируем все значения $\sum_{i=0}^{12} L_i$ и получаем $L_x \approx 9,579 \text{ м}$.

Ответ: $L_x = 9,579 \text{ м}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

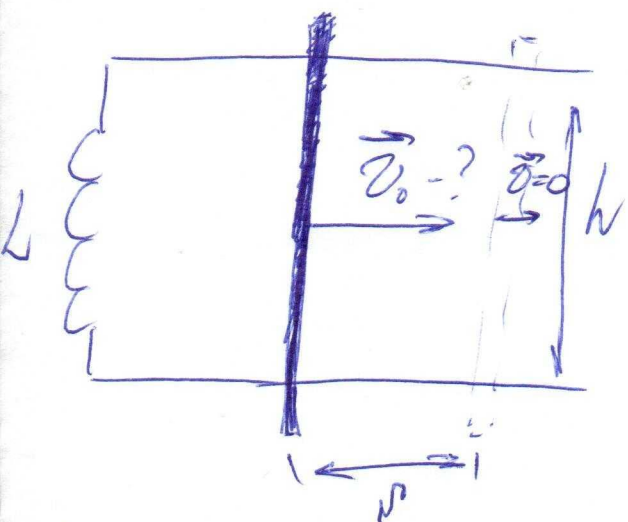
115034

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 17

Задача 6. m



Дано: Определим ЭДС индукции при движении перемычки

m, r
 l
 $v_0 - ?$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d(BS)}{dt} \quad (\Rightarrow)$$

$$dS = v_+ \cdot h \cdot dt \quad (\Rightarrow)$$

$$(\Rightarrow) \mathcal{E}_i = \frac{v_+ h}{dt} B = v_+ h B$$

где v_+ — зависимость скорости от времени.

Перемычка перемещается, будет тратиться вся кинетическая энергия. В это же время \mathcal{E}_i будет создаваться контрЭДС, значит:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{LI^2}{2} \quad (\Rightarrow) \quad mv_0^2 = LI^2$$

~~Зна-
чит~~