Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

+1 час

Шифр 115003
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Артамонова Елена Валерьевна

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, школа 1581, 11 „И"

Регистрационный номер 158

Вариант задания 14

Дата проведения «15» марта 2020 г.

Подпись участника

49 (сорок девять)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

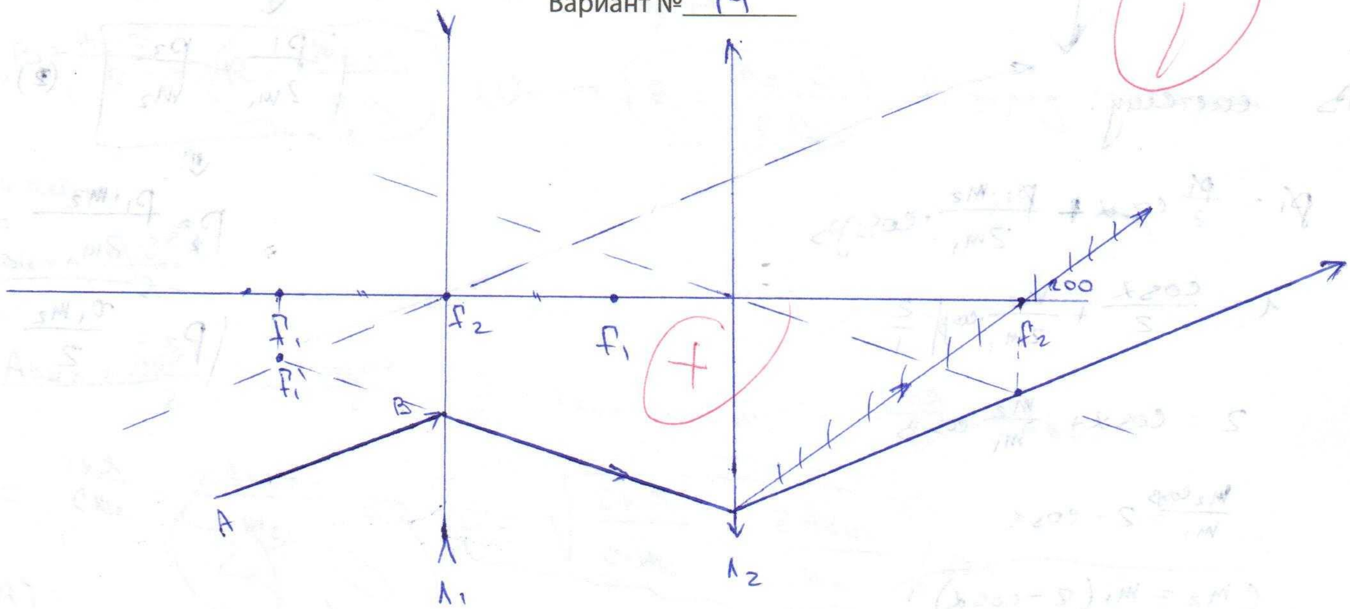
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
10	9	0	12	12	6					49

Шифр 115003

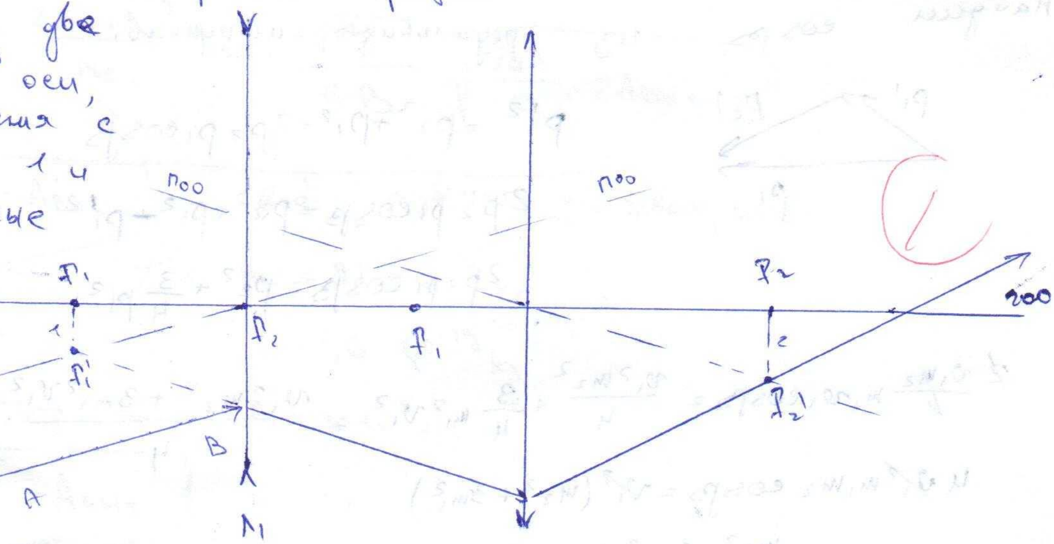
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 14

Задача 1.



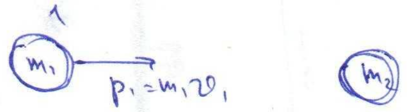
Вот это более красивый рисунок:
для построения провожу две побочных оптических оси, отмечаю их пересечения с фокальной плоскостью 1 и 2 -> нахожу побочные фокусы.



Собирающая линза ($Л_2$):
- луч пройдет через побочный фокус F_2'

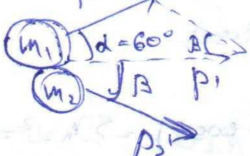
Рассеивающая линза:
- продолжение луча пройдет через F_1'.

Задача 2.:



=>

$p' = \frac{p_1}{2} = \frac{m_1 v_1}{2} = m v_1'$



$p_1' = \frac{p_1}{2} = \frac{m_1 v_1}{2} = m v_1' \Rightarrow \boxed{v_1' = \frac{v_1}{2}}$ - скорость шарика массы m_1 после удара.

ЗСИ:

$$p_1 = p_1' \cos\alpha + p_2' \cos\beta$$

с учетом $p_1' = \frac{p_1}{2}$:

$$\boxed{p_1 = \frac{p_1}{2}\cos\alpha + p_2' \cos\beta} \quad (1)$$

ЗСЭ:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

через импульс:

$$\frac{p_1}{2m_1} = \frac{p_1'}{2m_1} + \frac{p_2}{2m_2} \Rightarrow \frac{p_1}{2m_1} = \frac{p_1}{4m_1} + \frac{p_2}{2m_2}$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{2p_1}{4m_1} - \frac{p_1}{4m_1} = \frac{p_2}{2m_2}$$

$$\frac{p_1}{{}_2\cancel{4}m_1} = \frac{p_2}{\cancel{2}m_2}$$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{\frac{p_1}{2m_1} = \frac{p_2}{m_2}} \quad (2)$$

$$\Downarrow$$

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot m_2}{2m_1} = \frac{\cancel{m_1} v_1 \cdot m_2}{2\cancel{m_1}}$$

$$\boxed{p_2 = \frac{v_1 m_2}{2}} \quad (3)$$

в систему:

$$\cancel{p_1} = \frac{\cancel{p_1}}{2}\cos\alpha + \frac{\cancel{p_1} \cdot m_2}{2m_1} \cdot \cos\beta$$

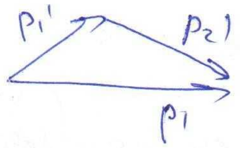
$$1 = \frac{\cos\alpha}{2} + \frac{m_2}{2m_1}\cdot\cos\beta \;\Big|\; \frac{2}{1}$$

$$2 = \cos\alpha + \frac{m_2}{m_1}\cdot\cos\beta$$

$$\frac{m_2 \cos\beta}{m_1} = 2 - \cos\alpha$$

$$m_2 = \frac{m_1(2-\cos\alpha)}{\cos\beta} \quad (4)$$

Найдем $\cos\beta$ из треугольника импульсов:



$$p_1'^2 = p_2^2 + p_1^2 - 2p_2 p_1 \cos\beta$$

$$2p_2 \cdot p_1 \cos\beta = p_2^2 + p_1^2 - p_1'^2$$

$$2p_2 p_1 \cos\beta = p_2^2 + \frac{3}{4}p_1^2$$

$$\cancel{2}\frac{v_1 m_2}{\cancel{2}} m_1 v_1 \cos\beta = \frac{v_1^2 m_2^2}{4} + \frac{3}{4} m_1^2 v_1^2 = \frac{v_1^2 m_2^2 + 3m_1^2 v_1^2}{4}$$

$$4\cancel{v_1^2} m_1 m_2 \cos\beta = \cancel{v_1^2}(m_2^2 + 3m_1^2)$$

$$\cos\beta = \frac{m_2^2 + 3m_1^2}{4m_1 m_2} \quad (5)$$

(5) → (4):

$$\cancel{m_2} \cdot \frac{m_2^2 + 3m_1^2}{4m_1 \cancel{m_2}} = m_1(2-\cos\alpha)$$

$$m_2^2 + 3m_1^2 = 4m_1^2(2-\cos\alpha) \Rightarrow m_2^2 = m_1^2(4(2-\cos\alpha)-3) = m_1^2(5-4\cos\alpha)$$

$$m_2 = m_1\sqrt{5-4\cos\alpha}$$

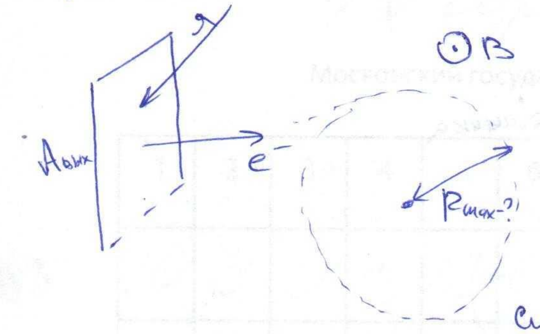
Ответ: $m_2 = m_1\sqrt{5-4\cos\alpha}$ $\quad m_2 = m_1\sqrt{5-4\cdot\frac{1}{2}} = m_1\sqrt{5-2} = \sqrt{3}\,m_1$

Ответ: $\boxed{m_2 = \sqrt{3}\,m_1}$

0,75

?

Задача 5:



На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле действует сила Лоренца

$$F_Л = q\vartheta B\cdot\sin\alpha \quad (\sin\alpha = 1) \text{ т.к. } B \perp \vartheta$$

Сила Лоренца $F_Л = q\vartheta B$ будет давать частице центростремительное ускорение:

$$q\vartheta B = ma_ц$$

$$q\cancel{\vartheta}B = \frac{m_e\vartheta^{\cancel{2}}}{R}$$, где m_e – масса электрона

$$qB = \frac{m_e\cdot\vartheta}{R} \Rightarrow R = \frac{m_e\vartheta}{qB} \quad (1) \longrightarrow R = \frac{m_e\cdot\vartheta}{eB}$$ e-заряд электрона

Ур. Эйнштейна:

$$h\nu = A_{вых} + \frac{m\vartheta^2}{2}$$

1

$$\frac{h\lambda}{c} = A_{вых} + \frac{m_e\vartheta^2}{2} \Rightarrow \frac{m_e\vartheta^2}{2} = \frac{h\lambda}{c} - A_{вых} \Rightarrow m_e\vartheta^2 = \frac{2h\lambda}{c} - 2A_{вых}$$

$$\vartheta^2 = \frac{2h\lambda}{cm_e} - \frac{2A_{вых}}{m_e} \Rightarrow \vartheta = \sqrt{\frac{2h\lambda}{c\cdot m_e} - \frac{2A_{вых}}{m_e}} \quad (2)$$

(2) → (1):

$$R = \frac{m_e}{e\cdot B}\sqrt{\frac{2h\lambda}{c\cdot m_e} - \frac{2A_{вых}}{m_e}} = \frac{\sqrt{m_e}}{e\cdot B}\sqrt{\frac{2h\lambda}{c} - 2A_{вых}}$$

$$R = \frac{\sqrt{2m_e}}{e\cdot B}\sqrt{\frac{h\lambda}{c} - A_{вых}}$$ – всё известно, учитывая, что

~~$R = \frac{\sqrt{2\cdot 9{,}1\cdot 10^{-31}}}{1{,}6\cdot 10^{-19}}$~~

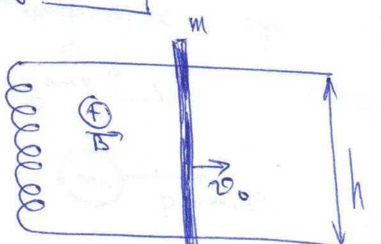
$m_e = 9{,}1\cdot 10^{-31}$ кг

$e = 1{,}6\cdot 10^{-19}$ Кл

$c = 3\cdot 10^8$ м/с

Ответ: $R = \frac{\sqrt{2m_e}}{e\cdot B}\sqrt{\frac{h\lambda}{c} - A_{вых}}$

Задача 6:



$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{B\Delta S\cancel{\cos\alpha}}{\Delta t} = -\frac{B\Delta S}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{L\Delta I}{\Delta t}$$

$$\longrightarrow B\Delta S = LI \Rightarrow I = \frac{B\Delta S}{L} \quad (1)$$

$$F_A = \cancel{BIl} = BIh\cancel{\sin\alpha} = BIh$$

$$F_A = ma$$

$$ma = BIh$$

$ma = B \cdot \frac{B\Delta S}{L} h = \frac{B^2 \Delta S h}{L}$

$\Delta S = X \cdot h$ x-расстояние, которое прошла перемычка

$ma = \frac{B^2 h^2 X}{L}$ (2)

0,85

$X = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a} = \frac{v_k + v_0}{2} t_1$

$X = \frac{\frac{v_0}{2} + v_0'^2}{2} t_1 = \frac{3v_0}{2} t_1$ (3)

$v_0 m L = 2B^2 h^2 x t_1$

$\cancel{ma =}$ $t_1 = \frac{v_0 m L}{2B^2 h^2 X}$ (4)

Колебания

ЗИ:

$\Delta p = F \cdot t = m(v_k - v_0)$

$BIht = \frac{mv_0}{2} \Rightarrow 2BIht_1 = mv_0 \Rightarrow m = \frac{2BIht_1}{v_0} = \frac{2B^2 \Delta S h t}{L v_0}$

$m = \frac{3B^2 h^2 t_1^2}{L}$

$X = S$

~~В (3):~~

$\cancel{3v_0 t_1 = 2S \Rightarrow t_1 = \frac{2S}{3v_0}}$

~~В (4):~~

$\cancel{t_1 = v_0 m}$

В (3):

$3v_0 t_1 = 2S \Rightarrow t_1 = \frac{2S}{3v_0}$ (5)

Из (4):

$v_0 m L = 2B^2 h^2 x t_1 = 2B^2 h^2 S t_1$

$m = \frac{2B^2 h^2 S t_1}{v_0 L}$

используя (5):

$m = \frac{2B^2 h^2 S \cdot 2S}{3v_0 \cdot v_0 \cdot L} = \frac{4B^2 h^2 S^2}{3v_0^2 L}$

Ответ: $t_1 = \frac{2S}{3v_0}$

$m = \frac{4B^2 h^2 S^2}{3v_0 L}$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

115003

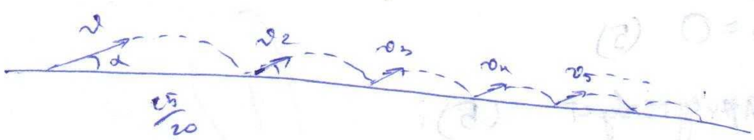
Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 14

Задача 3:

$$R = \frac{v_2}{v_1} = \frac{v_3}{v_2} = \frac{v_4}{v_3} \ldots + \frac{v_{n+1}}{v_n} = 0{,}95$$



Найдем время полета:

$0 = v_0 \sin\alpha - gt \Rightarrow gt = v_0 \sin\alpha$

$t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$ - $\frac{1}{2}$ полета

$t_п = \frac{2 v_0 \sin\alpha}{g}$

$s = v_0 \cos\alpha \cdot t = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$ - дальность полета

$$S_{общ} = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} + \frac{(0{,}95)^2 v^2 \sin 2\alpha}{g} + \frac{(0{,}95)^4 v^2 \sin 2\alpha}{g} + \ldots + 0$$

Нужно посчитать сумму убывающей геометрической прогрессии, где:

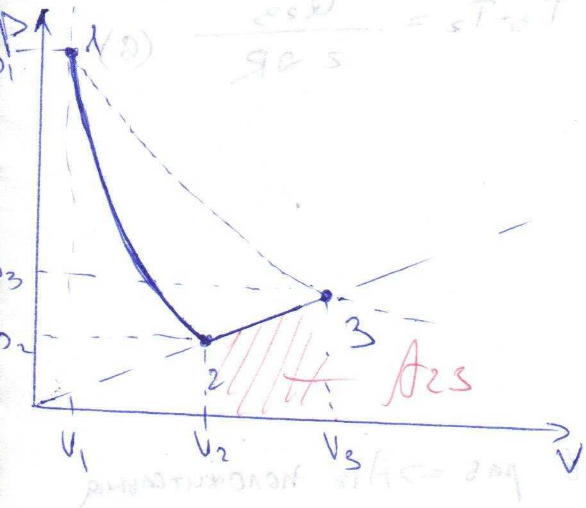
$b_1 = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$

$b_n = 0$

$$0{,}95 S_1 = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow S_1 = \frac{v^2 \cdot \sin 2\alpha}{g \cdot 0{,}95} = \frac{25 \cdot 1}{2 \cdot 10 \cdot 0{,}95} = \frac{25}{20 \cdot 0{,}95} = \frac{25}{2 \cdot 9{,}5} = \frac{25}{19} = 1\frac{1}{19} = 1{,}005\ldots$$

Ответ: 1,005 м

Задача 4:



$Q = A + \Delta U$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R |T_2 - T_1|$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$

A_{23} найдем как площадь под графиком (трапеция)

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

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ +

$$Q_{23}=\frac{1}{2}(p_2V_3-p_2V_2+p_3V_3-p_3V_2)+\frac{3}{2}(\nu RT_3-\nu RT_2) \neq$$

$$Q_{23}=\frac{1}{2}(p_3V_3-p_2V_2+p_2V_3-p_3V_2)+\frac{3}{2}(p_3V_3-p_2V_2) \quad (1)$$

Докажем, что $p_2V_3=p_3V_2$: (2)

Из усл: $p\sim V$ в процессе 2-3:

$p_2=\alpha\cdot V_2$ (3)

$p_3=\alpha\cdot V_3$ (4)

Применим (3) и (4) к (2):

$\alpha\cdot V_2\cdot V_3=\alpha\cdot V_3\cdot V_2$

$\alpha\cdot V_2\cdot V_3-\alpha\cdot V_3\cdot V_2=0$ чтд

$\Downarrow$

$p_2V_3=p_3V_2 \Rightarrow p_2V_3-p_3V_2=0$ (5)

Вернемся к (1) – в нем присутствует (5):

$$Q_{23}=\frac{1}{2}(p_3V_3-p_2V_2+\cancel{p_2V_3-p_3V_2})+\frac{3}{2}(p_3V_3-p_2V_2)$$

$$Q_{23}=\frac{1}{2}(p_3V_3-p_2V_2)+\frac{3}{2}(p_3V_3+p_2V_2)=2(p_3V_3-p_2V_2)$$

$$Q_{23}=2(p_3V_3-p_2V_2)$$

$$p_3V_3-p_2V_2=\frac{Q_{23}}{2}$$

$$\nu RT_3-\nu RT_2=\frac{Q_{23}}{2}$$

$$\nu R(T_3-T_2)=\frac{Q_{23}}{2} \Rightarrow \cancel{T_3-T_2=\frac{2\nu R}{Q_{23}}} \quad T_3-T_2=\frac{Q_{23}}{2\nu R} \quad (6)$$

Процесс 1-3 – изотермический:

$T_1=T_3$

$\Downarrow$

$$T_1-T_2=\frac{Q_{23}}{2\nu R} \quad (7)$$

Подставим (7) в Q_{12}:

$$Q_{12}=A_{12}+\frac{3}{2}\cancel{\nu R}\frac{Q_{23}}{2\cancel{\nu R}}=A_{12}+\frac{3Q_{23}}{4} \quad (8)$$

В процессе 1-2: газ расширялся => сов раб => A_{12} положительна

~~$pV=\nu RT$~~ т.к $T_3>T_2$

$\Downarrow$

$T_1>T_2$ – внутренняя энергия уменьшается

~~$Q_{12} = A_1$~~

Ур (8) с учетом знаков:

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

$$Q_{12} = 200 - \frac{3}{\cancel{4}_{2}} \cancel{200}^{100} = 200 - \frac{3 \cdot \cancel{100}^{50}}{\cancel{2}} = 200 - 3 \cdot 50 = 200 - 150 = 50 Дж$$

Ответ: 50 Дж