

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

115064

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету

физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника

Плеховича Алина Алексеевна

Город, № школы (образовательного учреждения)

Москва, школа № 597

„Новое Поколение“

Регистрационный номер

282

Вариант задания

16

Дата проведения “ 15 ” марта 20 20 г.

Подпись участника

Алина

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	12	6	6	12	6	0	0	0	52

Шифр

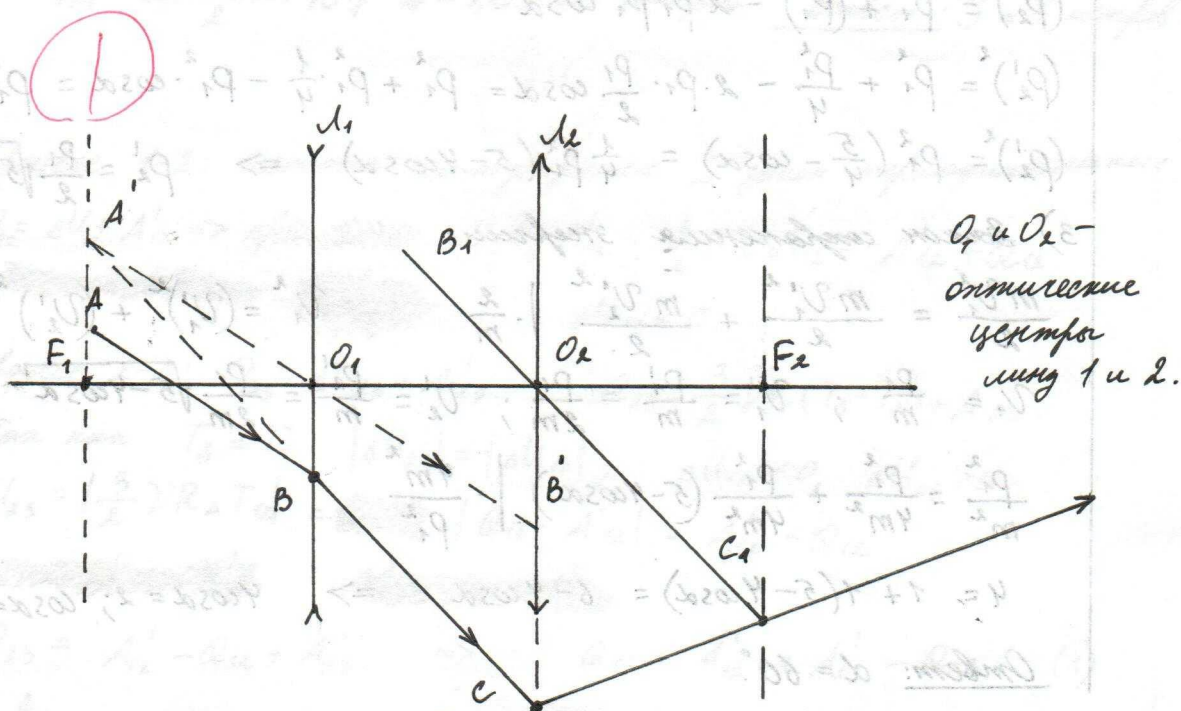
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 16

Задача 1.

Дано:
 $\mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2,$
 $F_1, F_2.$
 Луч AB

Построить:
 ход луча
 $AB.$



- 1) Линза 2 находится в фокальной плоскости линзы 1, а линза 1 находится в фокальной плоскости линзы 2.
 Значит, $F_1 = F_2 = F$.
- 2) Луч $A'B' \parallel$ лучу AB ; он пересекает фокальную плоскость линзы 1 в точке A' . Строю отрезок $A'C$; $B \in A'C$; $O_1 \in$ луч BC — это преломлённый луч AB .
- 3) Луч BC падает на линзу 2. Луч B_1C_1 параллелен лучу BC . Луч B_1C_1 пересекает фокальную плоскость линзы 2 в точке C_1 . Луч CC_1 — преломлённый луч BC .
Луч CC_1 — искомым.

< См. на обороте >

Задача 2.

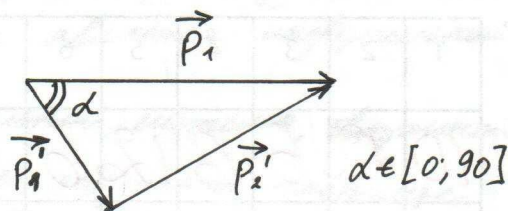
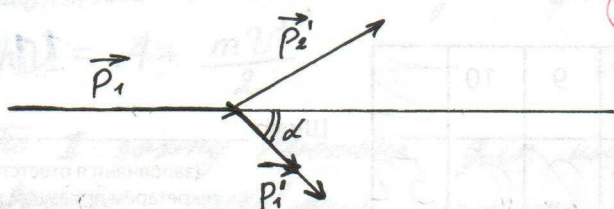
Дано:

m

p_1

$$p_1' = \frac{1}{2} p_1$$

$\alpha = ?$



1) Система частиц замкнута.

Закон сохранения импульса: $\vec{p}_1 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$

2) По теореме косинусов по модулю p_2'

$$(p_2')^2 = p_1^2 + (p_1')^2 - 2 p_1 p_1' \cos \alpha$$

$$(p_2')^2 = p_1^2 + \frac{p_1^2}{4} - 2 p_1 \cdot \frac{p_1}{2} \cos \alpha = p_1^2 + p_1^2 \cdot \frac{1}{4} - p_1^2 \cos \alpha = p_1^2 (1 + \frac{1}{4} - \cos \alpha)$$

$$(p_2')^2 = p_1^2 (\frac{5}{4} - \cos \alpha) = \frac{1}{4} p_1^2 (5 - 4 \cos \alpha) \Rightarrow p_2' = \frac{p_1}{2} \sqrt{5 - 4 \cos \alpha}$$

3) Закон сохранения энергии:

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_1'^2}{2} + \frac{m v_2'^2}{2} \quad | \cdot \frac{2}{m} \quad v_1^2 = (v_1')^2 + (v_2')^2$$

$$v_1 = \frac{p_1}{m}; \quad v_1' = \frac{p_1'}{m} = \frac{p_1}{2m}; \quad v_2' = \frac{p_2'}{m} = \frac{p_1}{2m} \sqrt{5 - 4 \cos \alpha}$$

$$\frac{p_1^2}{m^2} = \frac{p_1^2}{4m^2} + \frac{p_1^2}{4m^2} (5 - 4 \cos \alpha) \quad | \cdot \frac{4m^2}{p_1^2}$$

$$4 = 1 + 1(5 - 4 \cos \alpha) = 6 - 4 \cos \alpha \Rightarrow 4 \cos \alpha = 2; \cos \alpha = \frac{1}{2}; \alpha = 60^\circ$$

Ответ: $\alpha = 60^\circ$

Задача 3.

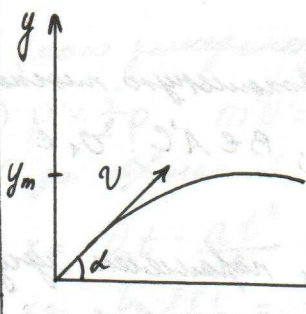
Дано:

$$v = 1 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$R = 0,99$$



Систему отсчёта, связанную с Землёй, можно считать инерциальной.

$$1) x: x = v \cos \alpha \cdot t$$

$$y: y = v \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} \quad (\text{равн. ускор.})$$

$$y: v(t) = v \sin \alpha - g t$$

$$\text{Макс. высота: } v(t) = 0. \quad v \sin \alpha - g t = 0 \Rightarrow t = \frac{v \sin \alpha}{g}$$

$$\text{Время спуска равно времени подъёма: } x = v \cos \alpha \cdot 2t = \frac{2 v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

$$x = \frac{2 \cdot 1 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}{10} = 0,1 \text{ м}$$

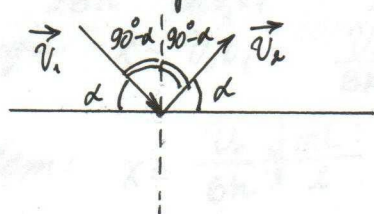
$$2) \text{ Угол: } \frac{v_{xy}}{v_{yx}} = R$$

$$\text{Закон сохр. энергии: } \frac{m v^2}{2} = m g y_m = \frac{m v_1^2}{2}. \quad v_1 = v = 1 \text{ м/с}$$

$$v_{xy} = v_{yx} R = v \sin \alpha \cdot R$$

$$v(t) = 0: v \sin \alpha \cdot R = g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v \sin \alpha \cdot R}{g}$$

$$x_1 = v \cos \alpha \cdot 2t_1 = \frac{2 v^2 \sin \alpha \cos \alpha \cdot R}{g}$$



$$X_1 = 0,099 \text{ м.}$$

$$3) \text{ Если угол } \alpha: V_{zy} = V_{zy} R = V \sin \alpha \cdot R^1, \quad X_2 = \frac{2 V^2 \sin \alpha \cos \alpha \cdot R^2}{g}$$

$$N\text{-ый угол: } V_N = V \sin \alpha \cdot R^N; \quad X_N = \frac{2 V^2 \sin \alpha \cos \alpha R^{N-1}}{g}. \text{ При } \alpha = 45^\circ \quad X_N = \frac{V^2 R^{N-1}}{g}$$

$$X_2 = \frac{1,099^2}{10} = 0,09801$$

$$X_3 \approx 0,097$$

$$X_4 \approx 0,096$$

$$X_5 \approx 0,095$$

Угол перестанет подниматься, когда $V_N \approx 0$.

Если предположить остатком, процессом можно считать геометрической. 0,1; 0,099; 0,098; 0,097... 0

$$d = -0,001; \quad X_N = 0,1 + d(N-1) = 0 \quad 0,1 - 0,001(N-1) = 0$$

$$0,1 = 0,001(N-1) \quad N-1 = 100, \quad N = 101. \text{ Сумма 101 члена прогрессии:}$$

$$S_{101} = \frac{0,1 + 0}{2} \cdot 101 = 5,05 \approx 5 \text{ метров. Ответ: } S \approx 5 \text{ метров.}$$

Задача 4.

1) Процесс 1-2: температура ~~не~~ повышается. I закон термодинамики:

$$A'_{12} = 800 \text{ Дж}$$

$$V = \text{const}$$

$$Q_{23} = 800 \text{ Дж}$$

$$T_1 = T_3$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A'_{12} \Rightarrow \Delta U_{12} = Q_{12} - A'_{12}; \quad \frac{3}{2} VR \Delta T_{12} = -A'_{12} + Q_{12}.$$

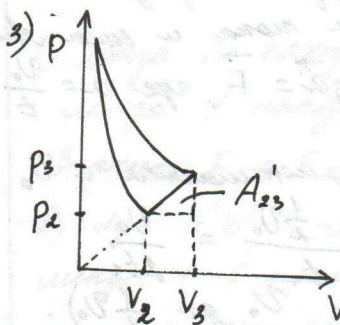
$$\Delta U_{12} < 0.$$

$$2) \text{ Процесс 2-3: } Q_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23}. \quad Q_{23} = \frac{3}{2} VR(T_3 - T_2) + A'_{23}.$$

$$\text{Поскольку } T_3 = T_1, \quad |\Delta U_{23}| = |\Delta U_{12}|; \quad \Delta U_{12} < 0, \quad \Delta U_{23} > 0.$$

$$\Delta U_{23} = \left| \frac{3}{2} VR \Delta T_{12} \right| = |Q_{12} - A'_{12}| = A'_{12} - Q_{12}$$

$$Q_{23} = A'_{12} - Q_{12} + A'_{23} \Rightarrow Q_{12} = A'_{12} + A'_{23} - Q_{23}. \quad (1)$$



A'_{23} - площадь фигуры под графиком;

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

$$A'_{23} = \frac{1}{2} (p_3 V_3 + p_2 V_3 - p_3 V_2 - p_2 V_2), \text{ где}$$

$$\begin{cases} p_3 V_3 = \nu R T_3 = \frac{2}{3} U_3 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 = \frac{2}{3} U_2 \end{cases} \quad \frac{2}{3} (U_3 - U_2) = \frac{2}{3} A'_{12}$$

$$A'_{23} = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{3} A'_{12} + p_2 V_3 - p_3 V_2 \right).$$

$$\text{Процесс 2-3: } p = V \cdot K \quad \begin{cases} p_2 = K V_2 \\ p_3 = K V_3 \end{cases} \quad \begin{cases} K = \frac{p_2}{V_2} \\ K = \frac{p_3}{V_3} \end{cases} \quad \frac{p_2}{V_2} = \frac{p_3}{V_3}.$$

$$\text{Получа } p_2 V_3 = p_3 V_2.$$

$$A'_{23} = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{3} A'_{12} + p_3 V_2 - p_3 V_2 \right) = \frac{1}{3} A'_{12}$$

4) Подставляем в (1):

$$Q_{12} = A'_{12} + \frac{1}{3} A'_{12} - Q_{23}; \quad Q_{12} = 800 + \frac{1}{3} \cdot 800 - 800 \approx 267 \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q_{12} \approx 267 \text{ Дж.}$

< см. на схеме >

Задача 5.

1

1) Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}$$

Система является инерциальной.

2) По II закону Ньютона для инерциальной системы, связанной с Землей, однородное магнитное поле сообщает частице центростремительное ускорение: $m\vec{a}_c = \vec{F}_L$.

$$a_c = \frac{\nu^2}{R}, F_L = q\nu B.$$

$$\frac{m\nu^2}{R} = q\nu B \Rightarrow R = \frac{m\nu^2}{q\nu B} = \frac{m\nu}{qB}$$

$$R = \frac{m\nu}{qB} \Rightarrow \nu = \frac{qBR}{m}$$

Подставляем в уравнение Эйнштейна:

$$h\nu = A + \frac{m}{2} \left(\frac{qBR}{m} \right)^2 = A + \frac{q^2 B^2 R^2}{2m} \quad \frac{q^2 B^2 R^2}{2m} = h\nu - A$$

$$B^2 = \frac{2m(h\nu - A)}{q^2 R^2}; \quad B = \frac{\sqrt{2m(h\nu - A)}}{qR}, \text{ где } h - \text{ постоянная Планка,}$$

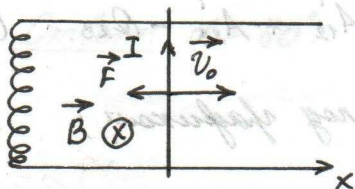
масса m и заряд q электрона известны.

Ответ: $B = \frac{\sqrt{2m(h\nu - A)}}{qR}$

Задача 6.

Дано:

h
 L
 m
 B
 v_0



1) По правилу левой руки определяю направление силы тока и силы Ампера.

II закон Ньютона: $m\vec{a} = \vec{F}$, где $a = \frac{v_0}{t}$.
 $ma = BIh$.

(тело замедляется; за время t скорость уменьшается с v_0 до 0 м/с)

2) $p' = \frac{1}{2}p$; $m\nu = \frac{1}{2}m\nu_0 \Rightarrow \nu = \frac{1}{2}\nu_0$. $a = \frac{\nu_0 - \frac{1}{2}\nu_0}{t_1} = \frac{\nu_0}{2t_1}$

(за время t_1 скорость уменьшилась с v_0 до $\frac{1}{2}v_0$).

3) $x = v_0 t - \frac{at^2}{2} = \frac{v_0 t}{2} - \frac{v_0 t}{2} = \frac{v_0 t}{2}$. Так как $a = \frac{v_0}{2t_1} = \frac{v_0}{2t_1}$,
 $x = \frac{v_0 \cdot 2t_1}{2} = v_0 t_1$.

4) $\begin{cases} \Phi = B\Delta S, \text{ где } \Delta S = h \cdot x = h v_0 t_1 \\ \Phi = LI \end{cases} \quad LI = Bh v_0 t_1; \quad I = \frac{Bh v_0 t_1}{L}$

5) $ma = BIh$; $a = \frac{BIh}{m}$; $t_1 = \frac{v_0}{2a} = \frac{v_0}{2} \cdot \frac{m}{BIh}$

$t_1 = \frac{v_0 m}{2Bh} \cdot \frac{L}{Bh v_0 t_1} = \frac{mL}{2B^2 h^2 t_1}$; $t_1^2 = \frac{mL}{2B^2 h^2} \Rightarrow t_1 = \frac{1}{Bh} \sqrt{\frac{mL}{2}}$

Получа $x = v_0 t_1 = \frac{v_0}{Bh} \sqrt{\frac{mL}{2}}$

Ответ: $x = \frac{v_0}{Bh} \sqrt{\frac{mL}{2}}$; $t_1 = \frac{1}{Bh} \sqrt{\frac{mL}{2}}$

Ошибки
не вrien
x - p
v_0