

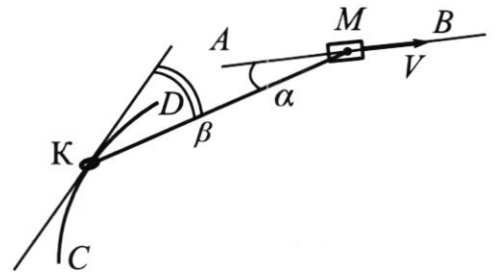
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

Вариант 11-01

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влож

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.



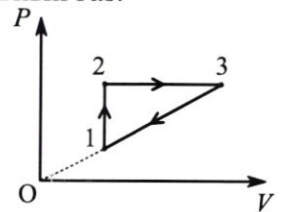
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

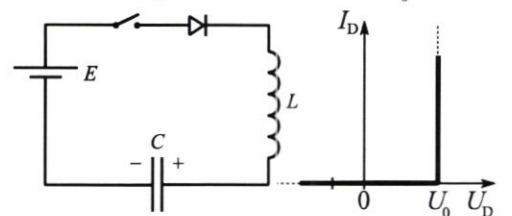
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

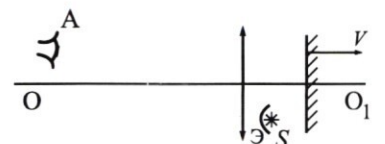


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

1) ТАК КАК ТЕЛА СВЯЗАНЫ НИТЬЮ И НА ВТОРОЕ ТЕЛО НЕ ДЕЙСТВУЕТ НИКАКАЯ СИЛА, ТО ПРОЕКЦИИ ИХ СКОРОСТЕЙ НА НИТЬ ДОЛЖНЫ БЫТЬ РАВНЫ (НАЧАЛО И КОНЕЦ НИТИ ДВИЖУТСЯ С ОДИНАКОВОЙ СКОРОСТЬЮ).

$$v_M \cos \alpha = v_K \cos \beta$$

$$v_K = \frac{v_M \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 5 \cdot 15}{4 \cdot 17} = 75 \text{ см/с}$$

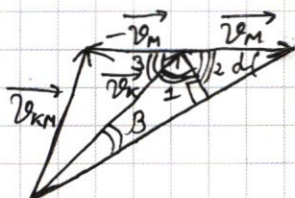
2) 3-и ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ СКОРОСТЕЙ ГАЛИЛЕЯ:

$$\vec{v}_K = \vec{v}_{KM} + \vec{v}_M$$

$\vec{v}_M$ — СКОРОСТЬ МУФТЫ

$\vec{v}_K$ — КОЛЬЦА

$\vec{v}_{KM}$ → КОЛЬЦА ОТНОСИТЕЛЬНО МУФТЫ



РАССМОТРИМ ТРЕУГОЛЬНИК:

$\cos \angle 1 = \sin \angle \beta$, $\cos \angle 2 = \sin \angle \alpha$, АНАЛОГИЧНО С СИКУСАМИ

(Т.К. ЭТО ПРЯМОУГ. ТРЕУГОЛ), ТОГДА $\cos(1+2) = -\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \cdot \sin \beta$
(ЗАМЕНИМ ФУНКЦИИ)

$$v_{KM}^2 = v_M^2 + v_K^2 - 2 \cdot v_M \cdot v_K \cdot \cos \angle 3$$

$$v_{KM} = \sqrt{v_M^2 + v_K^2 - 2 \cdot v_M \cdot v_K \cdot \cos(1+2)}$$

$$v_{KM} = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \cos \angle 3} =$$

$$\cos \angle 3 = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4 \cdot 15}{17 \cdot 5} = -\frac{36}{85}$$

$$v_{KM} = \sqrt{4624 + 5625 - 4320} = 77 \text{ см/с}$$

$$\cos \angle 3 = -\cos(1+2)$$

СМЕЖНЫЕ

$$\sin \alpha = 1 - \cos^2 \alpha = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = 1 - \cos^2 \beta = \frac{4}{5}$$

3) ЗАПИШЕМ II 3-и НЬЮТОНА ДЛЯ КОЛЬЦА ПО ОСИ, ПЕРПЕНДИКУ-

ЛЯРНОЙ ЕГО СКОРОСТИ:

$$T \sin B = m a_c \quad a_c = \frac{v_k^2}{R} \text{ — формула для } a_c$$

$$T = \frac{m v_k^2}{R \sin B} = \frac{0,1 \cdot 3^2 \cdot 5}{4^2 \cdot 1,9 \cdot 3} = \frac{15}{304} \approx 0,05 \text{ Н}$$

ОТВЕТ: 1) 75 см/с ; 2) 77 см/с ; 3) $\approx 0,05$ Н.

№ 2

1) ПОВЫШЕНИЕ ПРОИСХОДИЛО В ИЗОБАРЕ И ИЗОХОРЕ: $\uparrow p V \Rightarrow T \uparrow$
(по Менд.-Клап. $pV = \nu RT$) $\uparrow - \uparrow$ Q_p — изобар. Q_V — изохор. Q_{pV} — пропорц.

$$C_p \nu \Delta T = Q_p = \Delta U_p + A_p = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + p \Delta V$$

по Менделеева - Клапейрона: $\left. \begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ p_2 V_2 &= \nu R T_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow p \Delta V = \nu R \Delta T$

$$C_p \nu \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T$$

$$C_p = 2,5 R \text{ — изобарн. теплоемкость}$$

$$C_V = \frac{\Delta U_V + A_V}{\Delta T} = 1,5 R \quad (A_V = 0, \text{ т.к. } V = \text{const})$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{5}{3} \text{ — искомое отношение и коэффициент Пуассона для одноатомного газа.}$$

$$2) \gamma = \frac{Q_p}{A_p} = \frac{A_p + \Delta U_p}{A_p} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\nu R \Delta T} = 2,5$$

исходя из данных пункта ①

$$3) \eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_n} \quad Q_n = Q_p + Q_V = 4 \nu R \Delta T$$

$$Q_{pV} = Q_x = \Delta U_{pV} + A_{pV} \quad \Delta U_{pV} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \nu R \Delta T \cdot \frac{3}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Delta T' = T_3 - T_1$$

$A_{pv} = S_{\text{фиг. под графиком}}$

$$A_{pv} = \frac{(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1 + p_1 V_2 - p_2 V_1}{2} = \frac{2R\Delta T'}{2}$$

$$Q_{pv} = \frac{3}{2} 2R\Delta T' + \frac{1}{2} 2R\Delta T'$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$Q_{pv} = 2 2R\Delta T' = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1) =$$

(т.к. прямая пропорцион.)

$$= 2p_1 V_1 (k^2 - 1)$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} = k - \text{пропорцион.}$$

$$Q_H = Q_p + Q_v = 4p_1 V_1 (k - 1)$$

$$Q_p = 2,5 2R\Delta T'' = 2,5(p_2 V_2 - p_1 V_1) = 2,5 p_1 V_1 (k - 1)$$

$$Q_v = 1,5 2R\Delta T''' = 1,5(p_2 V_2 - p_1 V_1) = 1,5 p_1 V_1 (k - 1)$$

$$\eta = 1 - \frac{2p_1 V_1 (k^2 - 1)}{4p_1 V_1 (k - 1)} = 1 - \frac{k^2 - 1}{2(k - 1)} \quad k \geq 1 \text{ (т.к. } p_2 \geq p_1)$$

ТОГДА $\eta_{\max}$ БУДЕТ ПРИ $k=1$ (ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ), ВЕДЬ

$$k \uparrow \Rightarrow \eta \downarrow \quad \eta_{\max} = 50\% \text{ (ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ)}$$

ПРАКТИЧЕСКИ ОН НЕ ДОСТИГАЕМ, Т.К. $p_2 = p_1$ — ЭТО НЕ ПРОЦЕСС.

ОТВЕТ: 450% КПД; 5/3; 2,5.

№ 3

ТАК КАК КОНДЕНСАТОР ЗАРЯЖЕН, ТО ВНУТРИ ЕГО ~~НАПРЯЖЕННОСТЬ~~
ЕСТЬ НАПРЯЖЕННОСТЬ $E = \frac{Q}{S\epsilon_0}$ (ПО ФОРМУЛАМ E ДЛЯ ПЛОСКОСТЕЙ,
УДВОЕНИЮ Т.К. В КОНДЕНСАТОРЕ ДВЕ ПЛАСТИНЫ).

ТОГДА ПО II З-НУ НЬЮТОНА ДЛЯ ЧАСТИЦЫ:

$$\vec{F}_{эл} = m\vec{a} \quad \text{а направлено от } \oplus \text{ пластины к } \ominus, \text{ т.к. } q_4 > 0$$

$$Eq = ma \quad \gamma = \frac{q}{m} - \text{по условию}$$

$$a = \frac{Q\gamma}{\pi\epsilon_0 d^2}$$

$a = \text{const}$ внутри конденсатора, т.к. поле однородно и $E = \text{const}$

ТОГДА ЧАСТИЦА ПРОЛЕТАЕТ СКОЗЬ ^{ОБКЛАДКУ} ~~пластины~~ С ОТРИЦ. ЗАРЯДОМ
(это сетка) и $S = d - 0,25d = \frac{3d}{4}$ - ПУТЬ ДО НЕЁ

$$S = \frac{aT^2}{2} \quad \frac{3d}{4} = \frac{Q\gamma T^2}{2\pi\epsilon_0} \quad 2) \quad Q = \frac{3d\pi\epsilon_0}{2\gamma T^2} - \text{заряд обкладки}$$

$$1) \quad v_0 = aT = \frac{Q\gamma T}{\pi\epsilon_0 d^2} = \frac{\gamma \cdot 3d\pi\epsilon_0}{\pi\epsilon_0 \cdot 2 \cdot T^2} = \frac{3d}{2T} - \text{скорость на вылете (в конце равноускор. движ.)}$$

3) ЗАПИШЕМ ЗСЭ ДЛЯ НАЧАЛА И МОМЕНТА, КОГДА ЧАСТИЦА БЕСКОНЕЧНО ДАЛЕКО:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{Qq}{\left(\frac{d}{4}\right)^2} - \frac{Qq}{\left(\frac{3d}{4}\right)^2} \right) = \frac{mv^2}{2}$$

$E_k = 0$, только $E_{п.}$

ТОЛЬКО E_k , т.к. $S \rightarrow \infty$
и $E_{п.} \rightarrow 0$

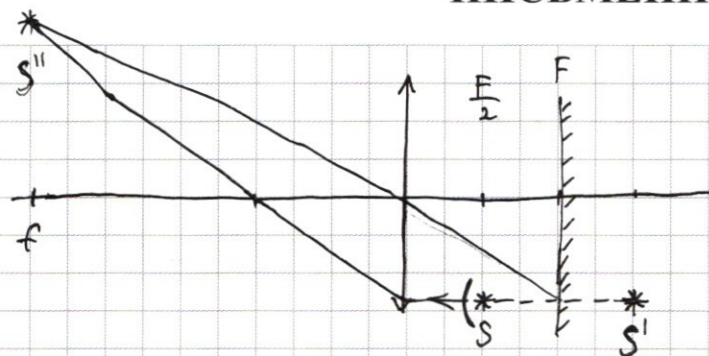
$$\frac{Qq \cdot 8 \cdot 16}{4\pi\epsilon_0 d^2 \cdot 9} = \frac{mv_m^2}{2} \quad v_m = \sqrt{\frac{32 \cdot 8 \cdot 3d\pi\epsilon_0 \cdot \gamma}{2\gamma T^2 \cdot 9 \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot d^2}} = \frac{8}{3T} \sqrt{\frac{3\pi\epsilon_0}{2d\pi\epsilon_0}}$$

ОТВЕТ: 1) $\frac{3d}{2T}$; 2) $Q = \frac{3d\pi\epsilon_0}{2\gamma T^2}$; 3)

№ 5

ТАК КАК ЕСТЬ ЭКРАН, ТО НАБЛЮДАТЕЛЬ СМОЖЕТ УВИДЕТЬ И ЗОБРАЖЕНИЕ
~~или~~ (S'') ОТРАЖЕНИЯ (S') ПРЕДМЕТА (S) .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$SS' = \left(F - \frac{F}{2}\right) \cdot 2 = F$$

$$d = F + \left(F - \frac{F}{2}\right) = 1,5F$$

по правилу тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$f = \frac{Fd}{d-F} = 3F$$

$$\gamma = \frac{f}{d} = 2$$

УВЕЛИЧЕНИЕ

1) Ответ: $f = 3F$

2) Т.к. зеркало движется со скоростью v , то отражение со скоростью $2v = v_n$

В случае ~~спределенном~~ изображением по горизонтали оно движется со скоростью ~~v_r~~ , а по вертикали со скоростью

$$v_B = \frac{H_1 - H_2}{t}$$

$$H_1 = h_1 \gamma = 1,5F \quad (h = \frac{3}{4}F)$$

$$v_{nt} \ll F$$

$$H_2 = \gamma \cdot h_2 = \frac{f_2}{d_2} h_1 = \frac{F h_1}{d_2 - F} = \frac{F \cdot 3F}{4(0,5F + v_{nt}t)}$$

$$\begin{matrix} t \rightarrow 0 \\ v_{nt} \rightarrow 0 \end{matrix}$$

(H_2 и f_2 - положение изображения после смещения отражения на $v_{nt}t$ за t)

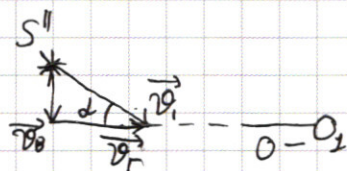
$$v_B = \frac{1,5F \cdot 4(0,5F + v_{nt}t) - 3F^2}{4(0,5F + v_{nt}t)t} = \frac{1,5F v_{nt}t}{(0,5F + v_{nt}t)t} = 3v_n$$

(Т.к. $v_{nt}t \ll F$)

$$v_r = \frac{|f_2 - f_1|}{t} = \frac{\left| \frac{F(1,5F + v_{nt}t)}{0,5F + v_{nt}t} - 3F \right|}{t} = \frac{2v_{nt}F}{(0,5F + v_{nt}t)} \approx 4v_n$$

$$v_{nt} \rightarrow 0$$

ТОГДА $\operatorname{tg} \alpha = \frac{U_B}{U_r} = \frac{3}{4}$, ГДЕ α — иск. угол



$$3) U_{изоб} = \sqrt{U_B^2 + U_r^2} = U_n \sqrt{3^2 + 4^2} = 10 U_n$$

ОТВЕТ: 1) 3F; 2) $\operatorname{tg} \alpha = 0,75$; 3) $10 U_n$.

№ 4

3) $U_2 = E - U_0 = 8 \text{ В}$, т.к. до такого напряжения будет заряжен конденсатор.

Катушка идеальна, тока нет $\rightarrow U_k = 0$

Зарядить конденсатор до напряжения более 8 В не позволит диод, т.к. при $U_0 < 1 \text{ В}$ ток не будет течь и конденсатор перестанет подзаряжаться.

~~2) По аналогии с колебательным контуром запишем ЗСЭ для момента в начале и в конце:~~

~~$$\frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} = \frac{CU_2^2}{2}$$~~

1) После замыкания ключа катушка не даст току сразу образоваться, возникнет $\mathcal{E}_{is}$ самоиндукции.

$$\mathcal{E}_{is} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{LI_m - 0}{\Delta t} = \frac{L \Delta I}{\Delta t} = LI' \quad \text{— Э-М индукции}$$

$\mathcal{E}_{is}$ будет компенсировать падение напряжения на участке диод — конденсатор

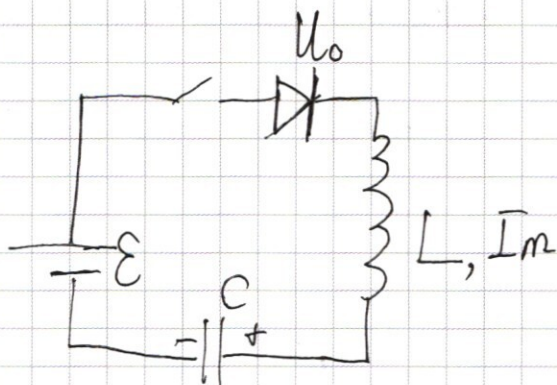
$$\mathcal{E}_{is} = E - U_0 - U_0 = 3 \text{ В}$$

$$I' = \frac{\mathcal{E}_{is}}{L} = \frac{3}{0,1} = 30 \frac{\text{В}}{\text{Гн}} \quad \text{— искомая скорость.}$$

ОТВЕТ: 3) 8 В; 1) 30 В/Гн .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$I_m = ?$$



№ 4 (2)

МАКСИМАЛЬНЫЙ ТОК МОЖНО НАЙТИ, ИСХОДЯ ИЗ ФОРМУЛЫ В П. 1

$$\mathcal{E}_{is} = \frac{L I_m}{\Delta t}, \text{ а } \Delta t = \frac{1}{4} T = \frac{\pi}{2} \sqrt{LC}$$

(по аналогии с подзарядкой
конденсатора в колеб. контуре)

$$I_m = \frac{\mathcal{E}_i \pi \sqrt{LC}}{2L} = \frac{3 \cdot \pi}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} = 1,5 \pi \sqrt{4 \cdot 10^{-6}} = 3\pi \cdot 10^{-3} \approx 9,42 \text{ мА}$$

ОТВЕТ: $\approx 9,42 \text{ мА}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad 1) C_p \Delta T = Q_p = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$C_p = 2,5 R$$

$$C_v = 1,5 R \quad \left[\gamma = \frac{5}{3} \right]$$

$$2) \frac{Q_p}{A_p} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\nu R \Delta T} = 2,5$$

$$3) \eta = \frac{Q_k - Q_x}{Q_k} = 1 - \frac{Q_x}{Q_k} = 1 - \frac{Q_{pr}}{Q_p + Q_v}$$

$$\eta = 1 - \frac{2,5 \nu R \Delta T}{4 \nu R \Delta T}$$

$$Q_{pr} = \Delta U + A \quad A = \frac{(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)}{2}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

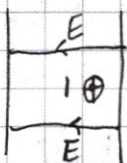
$$A = p_2 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_1 V_1 = 0$$

$$\eta = 1 - \frac{5}{8} = \frac{3}{8} = 0,375$$

$$Q_{pr} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$= p_2 V_2 - p_1 V_1 = \nu R \Delta T$$

№ 3



$$E = \frac{\sigma}{2 \epsilon_0}$$

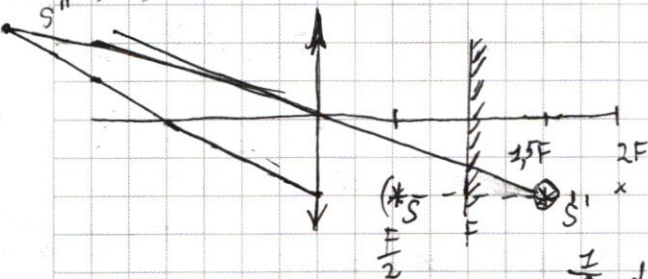
$$\begin{array}{r} 77 \\ 77 \\ 539 \\ 539 \\ 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ 75 \\ 375 \\ 525 \\ 5625 \end{array} \quad \begin{array}{r} 68 \\ 68 \\ 544 \\ 408 \\ 4624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ 120 \\ 72 \\ 36 \\ 4320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4624 \\ + 5625 \\ - 4320 \\ \hline 20249 \\ + 4320 \\ \hline 5929 = 77^2 \end{array}$$

№ 5



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad d = 1,5 F$$

$$\frac{2}{3F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad f = 3F$$

$$\frac{R}{H} = \frac{d}{f} = \gamma = \frac{1}{2} \quad 2R = H \quad H = 1,5 F$$

$$H_1 = 1,5 F \quad H_2 = \frac{3 F F}{4(0,5 F + \Delta l)}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{d - F}{d F}$$

$$f = \frac{F d}{d - F}$$

$$\gamma = \frac{F}{d - F} \quad H = \frac{R F}{d - F}$$

$$H_2 = \frac{3 F^2}{6 F + \Delta l}$$

$$f = 3 F$$

$$R f_2 = \frac{F(1,5 + \Delta l)}{0,5 F + \Delta l}$$

let $\rightarrow 0$

$$v_{нз.г.} = \gamma v = 2 v$$

$$v_{вср.нз.} = \frac{1,5 F(0,5 F + v t) - 3 F^2}{4(0,5 F + \Delta l)} = \frac{0,75 F^2 - 0,75 F^2 + 1,5 F v t}{4(0,5 F + \Delta l)} = 3 v$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{2}$$

$$v_{нз} = \sqrt{(2v)^2 + (3v)^2} = v \sqrt{13}$$

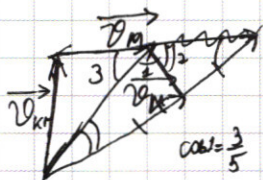
$$3,5 = 10,5 + 1,45 = 12,25$$

МЕЖАУ 3v и 4v $\approx 3,5 v$

№ 1

$$v_1 \cos \alpha = v_2 \cos \beta$$

$$v_2 = v_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{15.5}{17.4} \cdot 68 = 60$$



$$\vec{v}_k = \vec{v}_{km} + \vec{v}_m$$

$$68^2 + 75^2 + 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \cos 120^\circ = v_{km}^2$$

$$\vec{v}_{km} = \vec{v}_k - \vec{v}_m$$

$$\cos 2 = \frac{8}{17}$$

$$289 - 125 = 164$$

$$\cos(1+2) = \frac{24}{85} - \frac{60}{85} = -\frac{36}{85}$$

$$-603 = -\cos(1+2) = -\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha = \frac{-45 + 64}{85} = \frac{19}{85}$$

$$v_{km} = \sqrt{v_k^2 + v_m^2 + 2v_k v_m \cos(\alpha + \beta)}$$

Т.к. поле

$$v_{km} = \sqrt{68^2 + 75^2 + 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot (-\frac{36}{85})} = 77$$

1. ① ✓
② ✓
③ ✓
④ ✓
2. ① ✓
② ✓
③ ✓
④ ✓
3. ① ✓
② ✓
③ ✓
④ ✓
4. ① ✓
② ✓
③ ✓
④ ✓
5. ① ✓
② ✓
③ ✓
④ ✓

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{R Q q}{\frac{d^2}{16}} + \frac{Q q R}{\frac{9 d^2}{16}} = \frac{160 R Q q}{9 d^2}$$

$$v^2 = \frac{320 R Q q}{9 d^2} \cdot \frac{8}{d} \sqrt{\frac{5 Q R q}{9}} = v$$

$$m a = E q = \text{const} \quad \text{т.к. поле однородно}$$

$$v_{km} =$$

$$a = E \gamma = \frac{Q \gamma}{4 \pi \epsilon_0 r^2}$$

$$v_0 = \frac{T Q \gamma}{4 \pi \epsilon_0 r^2}$$

$$\frac{d^2}{2} = 0.75 d \quad \frac{Q \gamma}{4 \pi \epsilon_0 \cdot 2} = 0.75 d$$

$$v_{km} = \frac{3 d \cdot 3 \epsilon_0}{4 \pi \epsilon_0 \cdot 2} = \frac{3 d}{2} = 1.5 d$$

$$\frac{a T^2}{2} = 0.75 d \quad \frac{T Q \gamma}{4 \pi \epsilon_0 \cdot 2} = 0.75 d \quad Q = \frac{1.5 d \cdot 4 \pi \epsilon_0}{\gamma T^2}$$

$$v_0 = \frac{T \cdot 1.5 \cdot 4 \pi \epsilon_0 d}{\gamma T^2} = 1.5 \frac{d}{T}$$

$$v_{km} = \frac{8}{d} \sqrt{\frac{1.5 d \cdot 4 \pi \epsilon_0 d}{\gamma T^2 \cdot 9}} = \frac{8}{3 d T} \sqrt{1.5 d \cdot 4 \pi \epsilon_0 d}$$

$$T \sin \beta = \frac{m v^2}{R} \quad T = \frac{m v^2}{R} \sin \beta \quad T \approx 0.05$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$$

$$\cos 60 = \cos 30 \cos 30 + \sin 30 \sin 30$$

$$\frac{1}{2} = \frac{3}{4} - \frac{1}{4}$$

$$\cos 135 = \cos 90 \cos 45 - \sin 90 \sin 45$$

$$-\cos 45 = 0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$f_2 - f_1 = -3F + \frac{F(1.5F + v_{nt})}{0.5F + v_{nt}} = \frac{-1.5F^2 - 3F v_{nt} + 1.5F + F v_{nt}}{0.5F + v_{nt}} =$$

$$I_m^2 = \frac{C(U_2^2 - U_0^2)}{L} = \frac{40 \cdot 10^{-5} (8^2 - 5^2)}{0.2} = \frac{2 v_{nt} F}{0.5 F t} = 40 \cdot 39 \cdot 10^{-5}$$