

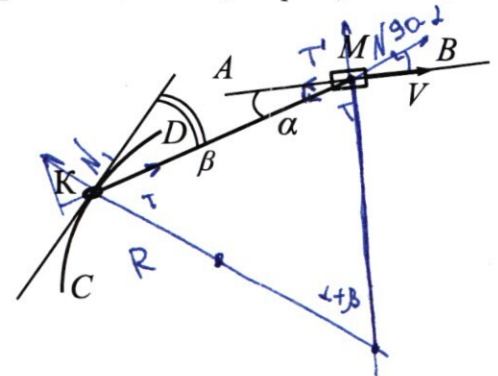
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



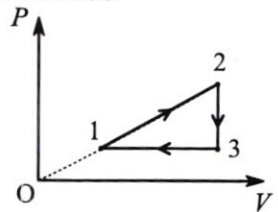
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной

обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

3) Найдите скорость V_0 частицы 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.

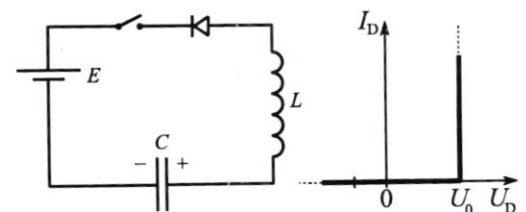
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

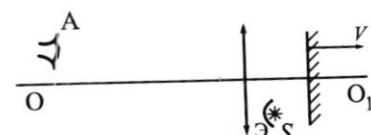


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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.



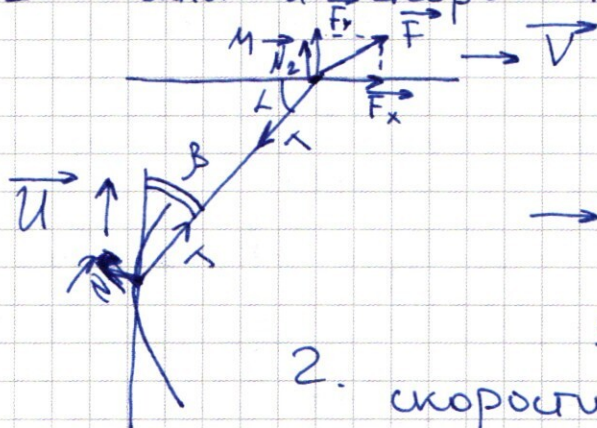
Исть позже поменяемся
листами!

За два часа

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 1.

1. Силы и скорости:

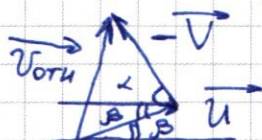


из кинем. связи:

$$U \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$\rightarrow U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = 40 \text{ м/с} \cdot \frac{3/5}{8/17} = 51 \text{ м/с}$$

2. скорости:



из рис. видно:

$$V_{\text{отн}}^2 = V^2 + U^2 - 2VU \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos \alpha = 3/5 \rightarrow \sin \alpha = 4/5$$

$$\cos \beta = 8/17 \rightarrow \sin \beta = 15/17$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha + \beta &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \\ &= \frac{24 - 60}{85} = \frac{-36}{85} \end{aligned}$$

$$V_{\text{отн}}^2 = (2601 + 1600 + 1728) \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2$$

$$V_{\text{отн}} = \sqrt{5929} \text{ м/с} = 77 \text{ м/с}$$

~~Можно так~~

3. Упр-я 2 зак. Н.:

$$\begin{cases} T \cos \alpha = F_x \\ T \sin \alpha = F_y + N_2 \\ T \sin \beta = N_1 + \frac{U^2}{R} m \end{cases}$$

а также кин. связь:

$$T - N_2 \sin \beta = F_x \cos \alpha + (N_2 + F_y) \sin \alpha - T$$

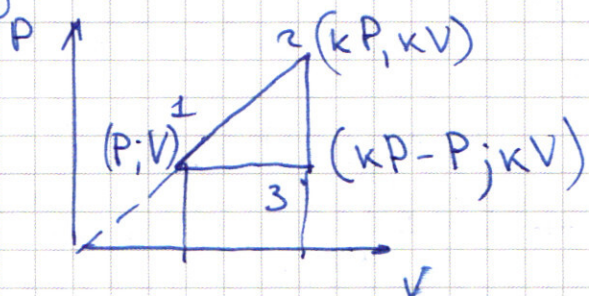
Выражая и подставляя, получаем:

$$T = \frac{U^2 m \cdot \sin \beta}{R \cdot 1 - \sin^2 \alpha} = \frac{2601 \cdot \frac{15}{17}}{1.7 \cdot \frac{16}{25}} \cdot \frac{m}{c^2} \cdot k_2 =$$

$$\approx 21H$$

Ответ: 51 м/с, 77 м/с, 21H

Задача 2.



1. понижение T произошло на участках 23 и 31; они — изобарный и изокорный.

и $C_p = \frac{5}{2} R$, $C_v = \frac{3}{2} R$,
откуда $\frac{C_v}{C_p} = \frac{3}{5} = 0.6$ (т. 66.)

$$2. Q_{12} = \left(\frac{3}{2} k^2 PV - \frac{3}{2} PV \right) + \frac{kP + P}{2} \cdot (kV - V) =$$

$$= \frac{3}{2} PV (k^2 - 1) + \frac{1}{2} PV (k+1)(k-1) =$$

$$= 2PV(k^2 - 1)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} PV (k+1)(k-1) \rightarrow \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2}{1/2} = 4$$

$$3. Q_{\text{пог в}} = Q_{12}, A = \frac{(kP - P)(kV - V)}{2} = \frac{(k-1)^2 \cdot PV}{2}$$

$$\eta = \frac{(k-1)^2 PV \cdot \frac{1}{2}}{2PV(k-1)(k+1)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{k-1}{k+1} \rightarrow \text{стремится в макс при } k \rightarrow \infty$$

$$\eta_{\text{max}} \rightarrow 25\%$$

Ответ: 0.6; 4; 25%

Задача 3.

$$1. \begin{cases} \frac{V_1}{T} = \frac{Eq}{m} \leftarrow \text{равнозам. движ.} \\ \frac{mV_1^2}{2} = qE(d - 0.2d) \leftarrow \text{з. с. э.} \end{cases}$$

получаем: $T = \frac{1.6d}{V_1}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. $\int U = dE$ - по опред-ю
 $\left\{ \begin{array}{l} \frac{V_1}{T} = E\gamma \\ \rightarrow E = \frac{V_1}{T\gamma} \rightarrow U = \frac{dV_1}{T\gamma} = \frac{V_1^2}{1.6\gamma} \end{array} \right.$ - по кин. усл-ю

3. из симметрии:

 $- \Delta q$ $U = 0$, т.к. на каждой заряд $+ \Delta q$, создающий $- \Delta U$ найдется заряд $- \Delta q$, созд-й $+ \Delta U$.

$$\Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = (d \cdot 0.5 - d \cdot 0.2) E q$$

$$\rightarrow V_0^2 = 0.6d \cdot \frac{V_1^2}{1.6d} = \frac{3V_1^2}{8}$$

$U = 0$

Ответ: $\frac{1.6d}{V_1}$; $\frac{V_1^2}{1.6\gamma}$; $\sqrt{\frac{3}{8}} V_1$

4 задание.

1. Запишем сумму напр-й:

$$\frac{q_0 - q}{C} - \ddot{q}L - E = U_0$$

$$\ddot{q} = \frac{1}{CL} (q - q_0 + CE + CU_0) \rightarrow$$

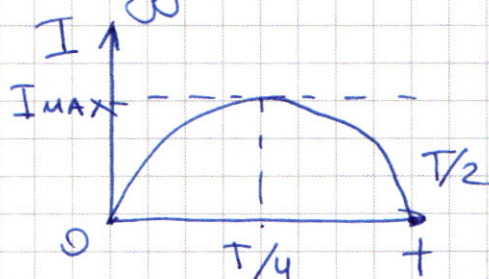
$$\rightarrow q = C \cdot (2B \cdot 2B \cdot \cos \frac{t}{\sqrt{CL}})$$

$$\dot{q} = C \cdot 2B \cdot \frac{1}{\sqrt{CL}} \sin \frac{t}{\sqrt{CL}}$$

$$\ddot{q} = \frac{2B}{L} \cos \frac{t}{\sqrt{CL}}$$

$$\rightarrow \ddot{q}(0) = \frac{2B}{L} = \frac{2B}{0.2\gamma H} = \frac{10A}{e}$$

2. т.к. по св-ч диода $I \geq 0$, то
будет всего одно полуколебание:



$$I_{\max} \Rightarrow \frac{C \cdot 2B}{\sqrt{CL}} = I(\sqrt{u})$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot 2}{2 \cdot 10^{-3}} \text{ A} = 0.02 \text{ A}$$

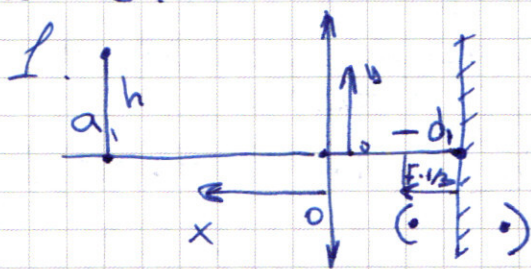
$$3. q = C \cdot (2B + 2B) = q(T/2)$$

q - протекший заряд $\rightarrow$

$$u = \frac{q_0 - q}{C} = 6B - 4B = 2B$$

Ответ: $10 \frac{\text{A}}{\text{C}}$; 0.02 A ; $2B$.

Задание 5.



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{-d_1}$$

$$-d_1 = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{a_1}} = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{4F}} = \frac{4}{3}F$$

$$\rightarrow \frac{1}{a_1} = \frac{1}{F} - \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{F} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{F} \rightarrow a_1 = 4F$$

2. продиф. формулы увелич. и тонк. призмы:

$$\begin{cases} \frac{1}{F} = \frac{1}{a_2} - \frac{1}{d_2} \\ \frac{h}{a} = \frac{H}{-d} \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \frac{1}{a^2} \cdot v_{1x} = \frac{1}{d^2} v_{2x} \\ \frac{v_{1y} \cdot a - v_{1x} \cdot h}{a^2} = -\frac{v_{2y} \cdot H}{d^2} \end{cases}$$

$$(h = 3H) = \frac{8F}{5} \text{ получаем:}$$

$$\frac{v_{1y} \cdot 4 - v_{1x} \cdot \frac{8}{5}}{16} = -\frac{v_{2y} \cdot 8}{15} \begin{cases} v_{1x} = 9v_{2x} \\ v_{1y} = \frac{88}{5}v_{2x} \end{cases}$$

$$\tan \alpha = \frac{88}{5} =$$

$$V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = \sqrt{\frac{10219}{5}} V_{2x} \approx 45.5 V_{2x}$$

$$= \frac{88}{45}$$

3. Перейдя в С.О. зеркала, получаем:

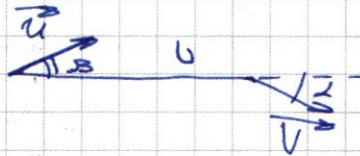
$$\text{Ответ: } 4F; \tan \alpha = \frac{88}{45}; V_1 \approx 85V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.1. $U \cdot \cos \beta = V \cos \alpha$

$\frac{64}{289}$

$\cos \beta = 8/17$
 $\sin \beta = 15/17$
 $\cos \alpha =$



$\vec{U} = \vec{U} - \vec{V}$

$\begin{matrix} 17 \\ 17 \\ 149 \\ 17 \end{matrix}$

$289 - 64 = 225 = 15^2$

$|\vec{U}| \Leftrightarrow$

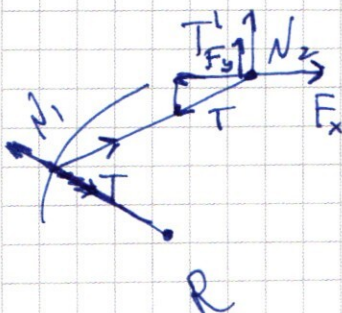
1.2. $U^2 = U^2 + V^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)$

$U = \sqrt{U^2 + V^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)}$

~~$T \cdot \sin \alpha = N_2$~~

~~$N_2 \cdot \sin \alpha =$~~

1.3.



$T \cdot \cos \alpha = F_x$

$T \sin \alpha = (N_2 + F_y)$

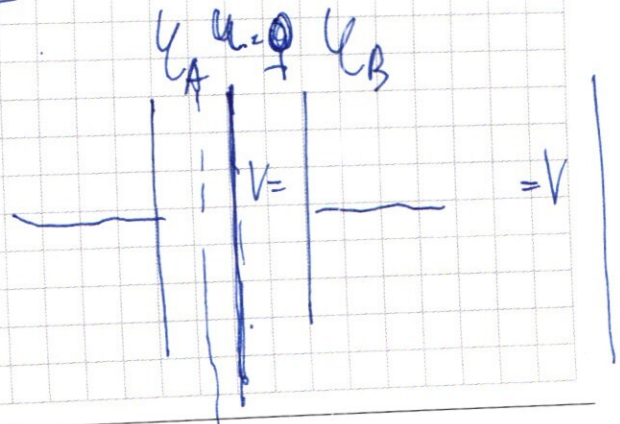
$T - N_2 \sin \beta = F \cos \alpha + (N_2 \sin \alpha - T)$

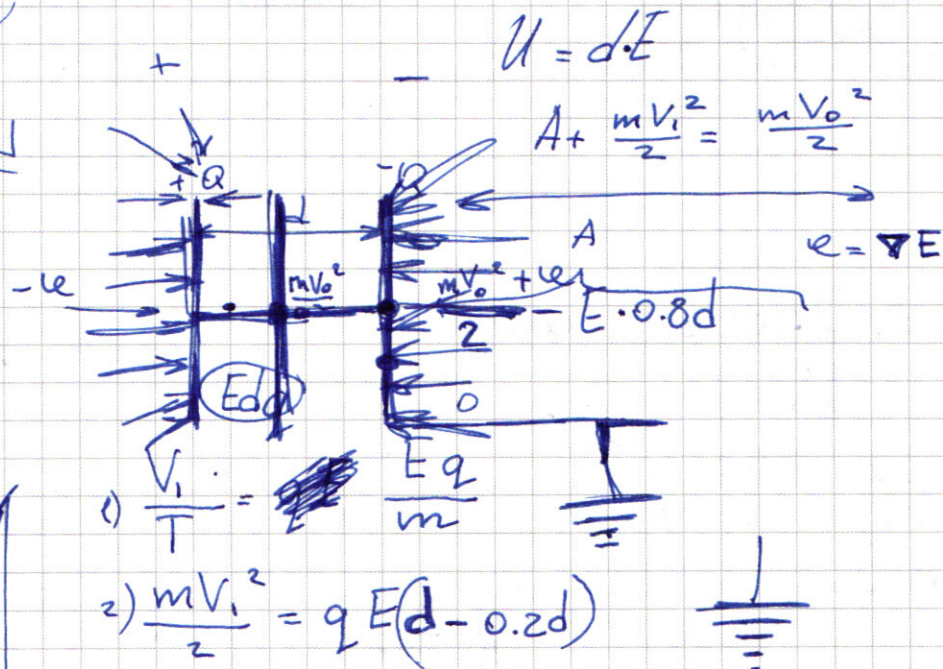
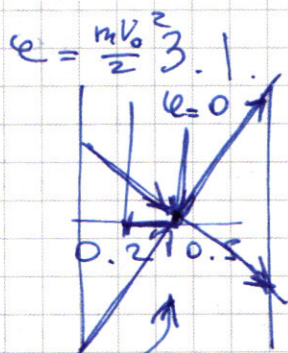
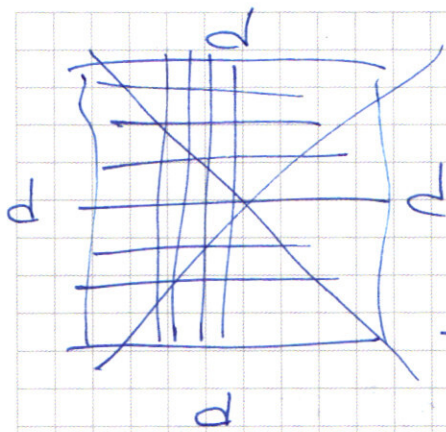
$T \sin \beta - N_1 = \frac{U^2}{R}$

$T - \frac{T \sin^2 \beta}{R} - \frac{U^2}{R} \sin \beta = \frac{T \cos^2 \beta}{R} + \frac{T \sin^2 \alpha}{R} - T$

$T - \frac{T \sin^2 \alpha}{R} = \frac{U^2}{R} \sin \beta$

$T = \frac{U^2}{R} \cdot \frac{\sin \beta}{1 - \sin^2 \alpha}$





$$1) \frac{V_1}{T} = \frac{Eq}{m}$$

$$2) \frac{mV_1^2}{2} = qE(d - 0.2d)$$

$$0.8d = \frac{V_1 \cdot T}{2}$$

$$T = \frac{1.6d}{V_1}$$

$$3.2. \quad \frac{V_1}{T} = Ej$$

$$E = \frac{V_1}{jT} \rightarrow \left(u = \frac{dV_1}{jT} \right)$$

$$3.3. \quad Edq$$

$$(0.5d - 0.2d)Eq = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{mV_0^2}{2}} = \sqrt{0.6d \cdot \frac{V_1}{jT}} =$$

$$= \sqrt{0.6d \cdot \frac{V_1^2}{1.6d}} = V_1 \sqrt{\frac{3/5}{8/5}} = V_1 \cdot \sqrt{\frac{3}{8}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

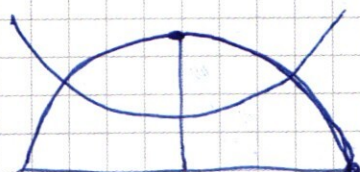
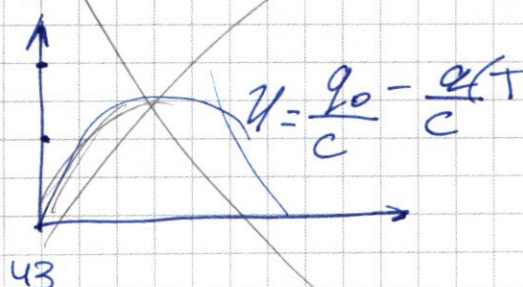
$$\frac{q_0 - q}{C} - \ddot{q}L - E = U_0$$

$$\ddot{q} = \frac{-q + q_0 - CE - CU_0}{CL}$$

$$-(q + q_0 - CE - CU_0) = A \sin\left(\frac{1}{\sqrt{CL}} \cdot t + \varphi_0\right)$$

$$A = -2B$$

$$\frac{q}{C} = 2B + 2B \cdot \cos\left(\frac{t}{2 \cdot 10^{-3} \cdot C}\right)$$



$$\frac{q}{C} = 2B - 2B \cos(\omega t)$$

$$\dot{\frac{q}{C}} = \omega \cdot 2B \sin \omega t$$

$$\ddot{\frac{q}{C}} = \omega^2 \cdot 2B \sin \omega t$$

$$\ddot{q}(0) = \omega^2 C \cdot 2B = \frac{C}{CL} \cdot 2B = \frac{2B}{L}$$

$$\dot{q}_{\max} = C \omega \cdot 2B$$

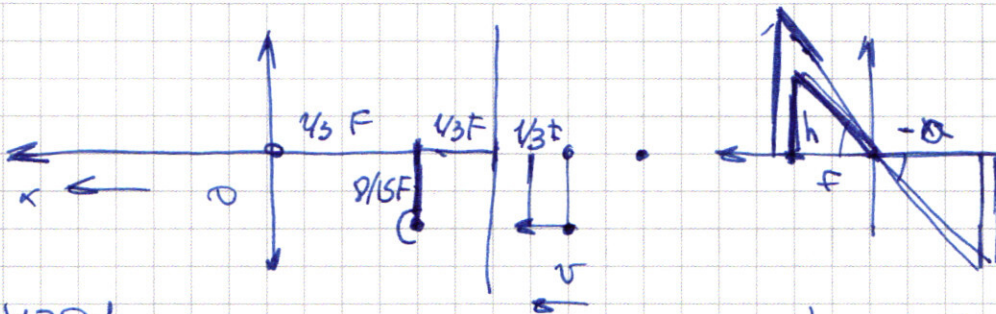
$$\begin{array}{r} 2044 \\ 45 \\ \times 42 \\ \hline 84 \\ 168 \\ \hline 1464 \end{array}$$

$$U_{1y} \cdot 4 - \frac{9.8}{5} V_{2x} = -V_{2x} \cdot \frac{16.8}{15}$$

$$U_{1y} = \frac{11.8}{5} V_{2x}$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times 45 \\ \hline 225 \\ 225 \\ \hline 2475 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 788 \\ \times 88 \\ \hline 704 \\ 704 \\ \hline 7744 \\ 2475 \\ \hline 0219 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} + 4201 \\ 1728 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F} + \frac{1}{a}$$

$$\frac{h}{F} = \frac{-a}{H}$$

250

240

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a}$$

$$\frac{h \cdot f - f \cdot h}{f^2} = \frac{-a}{H}$$

$$\frac{v_y \cdot f - v_x \cdot h}{f^2} = \frac{v_{zx}}{H}$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ \times 243 \\ \hline 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ \times 247 \\ \hline 48 \\ 576 \end{array}$$

$$\boxed{\frac{1}{f^2} \cdot v_{ix} = \frac{1}{a^2} \cdot v_{zx}}$$

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 51 \\ \hline 255 \\ 2601 \end{array}$$

1600

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 408 \\ \hline 2040 \cdot 36 \cdot 2 \\ \hline 8517 \end{array}$$

$$= 24 \cdot 36 \cdot 2$$

$$\begin{array}{r} \times 247 \\ 247 \\ \hline 1729 \\ 988 \\ \hline 49409 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 73 \\ 73 \\ \hline 219 \\ 511 \\ \hline 5329 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 408 \overline{) 17} \\ 34 \\ \hline 68 \overline{) 24} \end{array}$$

$$\frac{153 \cdot 15 \cdot 25}{1.7 \cdot 16} : 100 =$$

$$\begin{array}{r} \times 17 \\ 24 \\ \hline 68 \\ 34 \\ \hline 153 \cdot 15 \\ \hline 1.7 \cdot 64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 48 \\ 36 \\ \hline 288 \\ 144 \\ \hline 1728 \end{array}$$

$$64 + 44.8 = 108.8$$

$$\begin{array}{r} \times 153 \\ 15 \\ \hline 765 \\ 153 \\ \hline 2295 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 64 \\ 1.7 \\ \hline 44.8 \\ 64.0 \\ \hline 64.0 \\ 48 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 22950 \overline{) 1088} \\ 2176 \\ \hline 1190 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - 2295 \overline{) 108.8} \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

