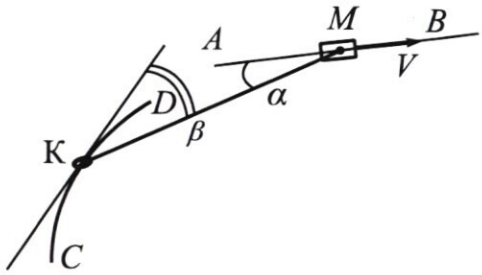
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

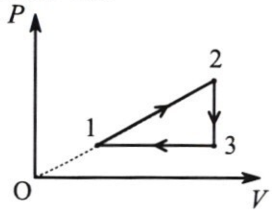
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол $\alpha (\cos\alpha = 4/5)$ с направлением движения муфты и угол $\beta (\cos\beta = 8/17)$ 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



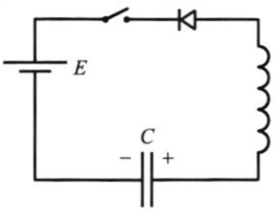
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью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

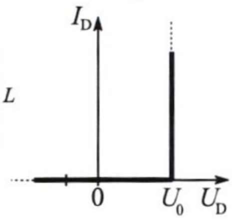
1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \dfrac{|q|}{m}$.
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

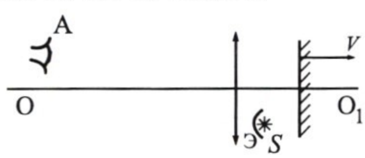
1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.





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 $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ от линзы.

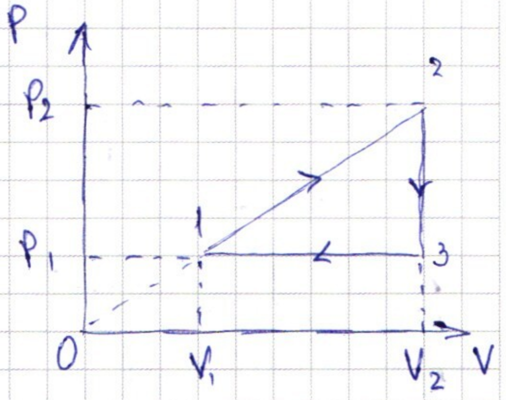
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

1) В процессе 1-2 давление и объем увеличиваются => из уравнения Менделеева-Клапейрона ($PV = \nu RT$), следует, что температура тоже ~~повышалась~~ увел.



Т.к. в процессе 2-3 объем не изменяется, а давление уменьшается => температура тоже уменьшается.

Аналогично в процессе 3-1 (давление не ~~менялось~~ меняется, а объем уменьшается => температура уменьшается).

$C = \frac{Q}{\nu \Delta T}$ - молярная теплоёмкость

$C_{2-3} = \frac{|Q_{2-3}|}{\nu \Delta T_1} = \frac{|Q_{2-3}|}{\nu |T_3 - T_2|}$ $\quad Q_{2-3} = \Delta U_{2-3}$ (газ работу не совершал, т.к. $V = const$)

$|\Delta U_{2-3}| = \frac{3}{2}\nu R |T_3 - T_2|$ $\quad T_2 = \frac{P_2}{P_1} T_3$

$\frac{T_3}{T_2} = \frac{P_1}{P_2}$ (т.к. это изохорный процесс) => ~~$T_3 = \frac{P_1}{P_2} T_2$ =>~~

~~$\Rightarrow T_3 - T_2 = \frac{P_1}{P_2}T_2 - T_2 = T_2 \cdot \frac{P_1 - P_2}{P_2} \Rightarrow |T_3 - T_2| = \frac{P_2 - P_1}{P_2} \cdot T_2 \Rightarrow$~~

~~$\Rightarrow |\Delta U_{2-3}| = \frac{3}{2}\nu R \cdot \frac{P_2 - P_1}{P_1} T_2$~~ $\Rightarrow T_3 - T_2 = T_3 - \frac{P_2}{P_1} T_3 = \frac{P_1 - P_2}{P_1} T_3$

~~$P_2 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 =$~~ $\Rightarrow |T_3 - T_2| = \frac{P_2 - P_1}{P_1} T_3$

$|\Delta U_{2-3}| = \frac{3}{2}\nu R \cdot \frac{P_2 - P_1}{P_1} T_3$ $\quad P_1 V_2 = \nu R T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{P_1 V_2}{\nu R}$

$|\Delta U_{2-3}| = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_2 - P_1}{\cancel{P_1}} \cdot \cancel{\nu R} \cdot \frac{\cancel{P_1} V_2}{\cancel{\nu R}} = \frac{3}{2}\frac{(P_2 - P_1)V_2}{1} = \frac{3(P_2 - P_1)V_2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow C_{2-3} = \frac{3}{2}(P_2 - P_1)V_2 : \left(\nu \cdot \frac{P_2 - P_1}{P_1} T_3\right) = \frac{\frac{3}{2}\cancel{(P_2 - P_1)}V_2 \cdot P_1}{\nu \cancel{(P_2 - P_1)} T_3} = \frac{\frac{3}{2}P_1 V_2}{\nu T_3} =$

$= \frac{\frac{3}{2}\cancel{\nu} R \cancel{T_3}}{\cancel{\nu} \cancel{T_3}} = \frac{3}{2}R.$

$C_{1-3} = \dfrac{Q_{1-3}}{\nu \Delta T} = \dfrac{i+2}{2} R$ (т.к. $P = const$). $i = 3$ (одноатомный газ) $\Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{C_{1-3}}{C_{2-3}} = \dfrac{5}{2} R : \dfrac{3}{2} R = \dfrac{5}{3}$.

2) $\Delta U_{1-2} = \dfrac{3}{2} \nu R \Delta T = \dfrac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \dfrac{3}{2} \nu R T_2 - \dfrac{3}{2} \nu R T_1 = \dfrac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$

$\dfrac{P_1}{P_2} = \dfrac{V_1}{V_2}$ (т.к. ~~прямая~~ прямо пропорциональная зависимость) $\Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = \dfrac{P_2}{P_1} V_1 \Rightarrow \Delta U_{1-2} = \dfrac{3}{2} \left(P_2 \cdot \dfrac{P_2}{P_1} V_1 - P_1 V_1 \right) = \dfrac{3}{2} V_1 \left(\dfrac{P_2^2}{P_1} - P_1 \right) =$

$= \dfrac{3}{2} \cdot \dfrac{(P_2^2 - P_1^2) V_1}{P_1}$

$A_{1-2} = \Delta(PV) = \dfrac{P_1 + P_2}{2} \cdot (V_2 - V_1)$ – площадь фигуры под графиком.

$A_{1-2} = \dfrac{P_2 + P_1}{2} \cdot \left(\dfrac{P_2}{P_1} V_1 - V_1 \right) = \dfrac{(P_2 + P_1) V_1}{2} \left(\dfrac{P_2}{P_1} - 1 \right) = \dfrac{(P_2 + P_1) V_1}{2} \cdot \dfrac{P_2 - P_1}{P_1} =$

$= \dfrac{(P_2^2 - P_1^2) V_1}{2 P_1} \Rightarrow \dfrac{\Delta U_{1-2}}{A_{12}} = \dfrac{3}{2} \dfrac{\cancel{(P_2^2 - P_1^2) V_1}}{P_1} : \left(\dfrac{\cancel{(P_2^2 - P_1^2) V_1}}{2 P_1} \right) =$

$= \dfrac{3}{2} \cdot 2 = 3$

3) $\eta = \dfrac{Q_н - Q_х}{Q_н} = \dfrac{A_п}{Q_н}$ $A_п$ – полезная работа газа за цикл

$A_п$ можно численно найти, как площадь треугольника на графике.

$A_п = \dfrac{1}{2} (P_2 - P_1) \cdot (V_2 - V_1) = \dfrac{1}{2} (P_2 - P_1) \cdot \left(\dfrac{P_2}{P_1} V_1 - V_1 \right) = \dfrac{(P_2 - P_1) V_1}{2} \cdot \left(\dfrac{P_2 - P_1}{P_1} \right) =$

$= \dfrac{(P_2 - P_1)^2 V_1}{2 P_1}$

$Q_н$ – кол-во теплоты, отданное газу за цикл.

$Q_н = Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2} = 4 A_{1-2}$ (т.к. $\dfrac{\Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} = 3$)

$A_{1-2} = \dfrac{(P_2 - P_1)(P_2 + P_1)}{2} \cdot \dfrac{V_1}{P_1} \Rightarrow Q_н = \dfrac{2 (P_2^2 - P_1^2) V_1}{P_1}$

$\eta = \dfrac{(P_2 - P_1)^2 V_1}{2 P_1} : \dfrac{2 (P_2 - P_1)(P_2 + P_1) V_1}{P_1} = \dfrac{(P_2 - P_1)^{\cancel{2}} \cancel{V_1} \cdot \cancel{P_1}}{2 \cancel{P_1} \cdot 2 \cancel{(P_2 - P_1)} (P_2 + P_1) \cancel{V_1}} =$

$= \dfrac{P_2 - P_1}{4 (P_2 + P_1)}$ Пусть $P_2 = k P_1$, тогда: $\eta = \dfrac{P_1 (k - 1)}{4 P_1 (k + 1)} = \dfrac{k - 1}{4 (k + 1)}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Возьмем производную: $\eta' = \frac{(k-1)'\cdot 4(k+1) - (k-1)\cdot(4(k+1))'}{(4(k+1))^2} =$

$= \frac{4(k+1)-(k-1)\cdot 4}{16(k+1)^2} = \frac{4k+4-4k+4}{16(k+1)^2} = \frac{1}{2(k+1)^2}$

$\eta' > 0 \Rightarrow$ максимумов и минимумов функция не имеет.

$\eta = \frac{k-1}{4(k+1)} = \frac{k+1-2}{4(k+1)} = \frac{1}{4} - \frac{1}{4(k+1)}$ – гипербола с асимптотами $\eta = \frac{1}{4}$, $k = -1 \Rightarrow$ ~~макс. знач~~ т.к. $k > 0$ (по условию) $\Rightarrow$ $\eta \to \frac{1}{4}$ при $k = \infty$. $\Rightarrow$ макс. знач. $\eta = \frac{1}{4} = 20\%$

Ответ: 1) $\frac{C_{1-3}}{C_{2-3}} = \frac{5}{3}$; 2) $\frac{\Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} = 3$; 3) $\eta_{макс} = 20\%$

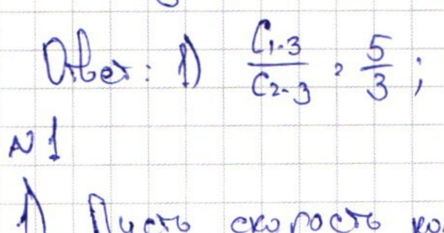
№1

1) Пусть скорость кольца в данный момент времени – v_1.

Т.к. кольцо двигается с помощью троса, а скорость муфты не меняется, то трос находится в натянутом положении, и скорости муфты и кольца в проекции на линию ~~трос~~ вдоль троса в данный момент времени должны быть равны.

$v_1 \cos\beta = v\cdot\cos\alpha \Rightarrow v_1 = v\cdot\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = 2\cdot\frac{4}{5}\cdot\frac{17}{8} = 2\cdot\frac{17}{10} = 3{,}4\ \frac{м}{с}$

2) Скорость кольца относительно муфты в данный момент времени (v_0):



~~v_0 – скорость~~ $|\vec{v}'| = |\vec{v}|$ $\vec{v}' \uparrow\downarrow \vec{v}$

$v_0^2 = v_1^2 + v'^2 - 2v_1 v'\cos(\alpha+\beta)$

$v_0 = \sqrt{v_1^2 + v^2 - 2v_1 v\cdot\cos(\alpha+\beta)}$

$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$ $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 \Rightarrow \sin\alpha = \frac{3}{5}$

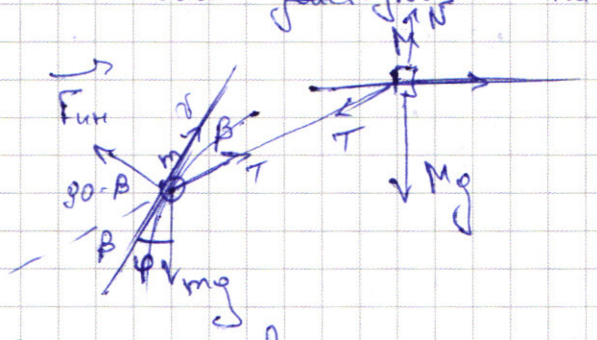
$\sin^2\beta + \cos^2\beta = 1 \Rightarrow \sin\beta = \frac{15}{17}$

$$\cos(\alpha+\beta) = \frac{4}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{17} = \frac{8\cdot 4 - 3\cdot 15}{5\cdot 17} = \frac{32-45}{5\cdot 17} = -\frac{13}{5\cdot 17}$$

$$v_0 = \sqrt{3{,}4^2 + 4 + 2\cdot 3{,}4\cdot 2\cdot\frac{3}{5\cdot 17}} = \sqrt{11{,}56 + 4 + \frac{12\cdot 3{,}4\,2}{50\cdot 1{,}7}} = \sqrt{15{,}56 + \frac{48}{100}} =$$

$$= \sqrt{15{,}56 + 0{,}48} = \sqrt{16{,}04} \approx 4\,м/с.$$

3) Расставим ~~действующие~~ на рисунке действующие силы:



Для точки, в ~~котр~~ которой находится кольцо, силы в проекции на ось кольца ~~дол~~ должны уравновешивать друг друга:

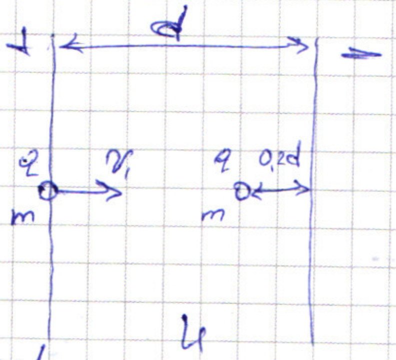
$0 = \vec{F}_{ин} + \vec{T} + m\vec{g} \Rightarrow \quad F_{ин}\cos(90^\circ-\beta) + mg\cos(\beta+\varphi) = T$

$F_{ин}\sin\beta + mg\cos(\beta+\varphi) = T \qquad F_{ин} = ma = m\frac{v_1^2}{R}$

$m\cdot\frac{v_1^2}{R}\sin\beta + mg\cos(\beta+\varphi) = T$

№ 3

1) ~~Во время~~ В момент влёта частицы в конденсатор частица имела скорость v_1. Также на нее начала вместо разгоняющей ~~си~~ кулоновской силы действовать ~~за~~ затормаживающая кулоновская сила.



Т.к. частица останавливается на расстоянии $0{,}2\,d$ от отриц. заряж. пластины, то $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ она внутри конденсатора прошла расстояние $0{,}8d$.

~~$\Rightarrow\ v_1 = at_1$~~

Запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} v_1 = a t_1 \\ 0{,}8d = v_1 t_1 - \frac{a t_1^2}{2} \\ ma = Eq \\ E = \frac{U}{d} \end{cases}$$

$v_1 = a t_1$, $0{,}8d = v_1 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$ — по з-ну кинематики. $\Rightarrow$

$ma = Eq$ — II-й з-н Ньютона

$\Rightarrow$ ~~$a = v$~~ $\begin{cases} t_1 = \frac{v_1}{a} \\ 0{,}8d = \frac{v_1^2}{2a} \\ a = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d} \end{cases} \Rightarrow \frac{|q|}{m} = a \cdot \frac{d}{U} = \frac{v_1^2}{1{,}6d} \cdot \frac{d}{U} = \frac{5}{8} \cdot \frac{v_1^2}{U}$

$$\gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{5}{8} \cdot \frac{v_1^2}{U}$$

2) $T = t_1 + t_2$ $0{,}8d = \frac{a t_2^2}{2}$ — время, за которое частица после остановки вылетит из конденсатора.

$t_1 = \frac{v_1}{a} = v_1 \cdot \left(\frac{v_1^2}{1{,}6d}\right)^{-1} = \frac{1{,}6d}{v_1}$

$t_2 = \sqrt{\frac{1{,}6d}{a}} = \sqrt{\frac{1{,}6d}{v_1^2} \cdot 1{,}6d} = \sqrt{\left(\frac{1{,}6d}{v_1}\right)^2} = \frac{1{,}6d}{v_1}$

$$T = \frac{3{,}2d}{v_1}$$

3) На бесконечно большом расстоянии от конденсатора скорость частицы:

$\frac{m v_0^2}{2} = \Delta\varphi q$ — ЗСЭ. $\Delta\varphi = \varphi_0 - \varphi_k$ $\varphi_k = 0$ В (на бесконечности)

$\varphi_q = k\frac{q_0}{r}$. Т.к. $d <<$ стороны ~~квадрата~~ обкладки конденсатора, то возьмем $r = d$ (от ближайшей обкладки) $\Rightarrow$

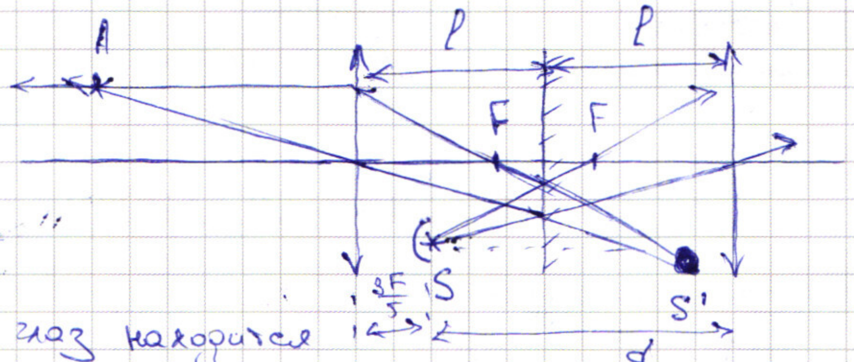
$\varphi_0 = \varphi_1 - \varphi_2 = k\frac{q_0}{d} - k\frac{q_0}{2d}$ (т.к. одна обкладка тормозит, а другая разгоняет) $\Rightarrow$ $\varphi_0 = k\frac{q_0}{2d}$ $q_0 = CU = \frac{\varepsilon_0 S}{d} U \Rightarrow \Delta\varphi = k \cdot \frac{\varepsilon_0 S}{d} \cdot \frac{1}{2d} U$

$v_0 = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi q}{m}} = \sqrt{k \cdot \frac{\varepsilon_0 S}{d^2} \cdot U \cdot \frac{5}{8} v_1^2 \cdot \frac{1}{U}} = v_1 \cdot \sqrt{k \frac{\varepsilon_0 S}{d^2} \cdot \frac{5}{8}}$

Ответ: 1) $\gamma = \frac{5}{8}\frac{v_1^2}{U}$; 2) $T = \frac{3{,}2d}{v_1}$; 3) $v_0 = v_1 \cdot \sqrt{k \frac{\varepsilon_0 S}{d^2} \cdot \frac{5}{8}}$.

№5

1)



Пусть человеческий глаз находится в (.)A, тогда изображение источника S для него будет находится в (.)S' (показано на рис.)

Пусть расстояние от зеркала до линзы – l, от источника света до изображения линзы в зеркале – d, от (.)A до линзы – f.

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{f}+\frac{1}{d}=\frac{1}{F} \qquad d=2l-\frac{3F}{5}=\frac{12F}{5}-\frac{3F}{5}=\frac{9F}{5}$$

$$f=\frac{Fd}{d-F}=\frac{F\cdot\frac{9}{5}\cancel{F}}{\left(\frac{9}{5}-1\right)\cancel{F}}=\frac{\frac{9}{5}F}{\left(\frac{4}{5}\right)}=\frac{9}{4}F.$$ – искомое расстояние.

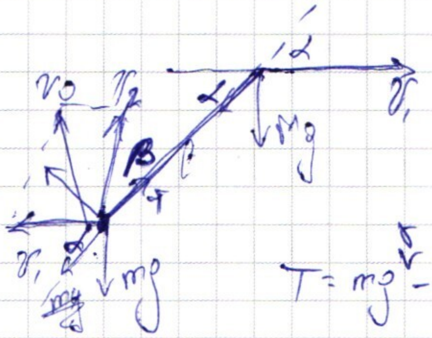
~~Пусть расстояние от (.)A до~~

3) ~~Т.к. двигается только зеркало, то можно пред сказать, что относительно изображ~~

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

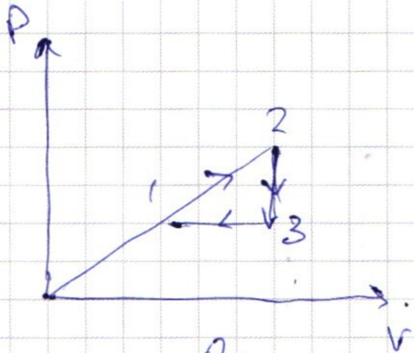
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$v_0^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2\cos(180^\circ-(\alpha+\beta))$

$T = mg^{\gamma} - Mg^{\varphi}$



$Q = \frac{5}{2}P\Delta V = \frac{5}{2}P_1(V_3-V_1) = \frac{5}{2}P_1(V_2-V_1) = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$

$C = \frac{Q}{\nu\Delta T} = \frac{\frac{5}{2}\nu R\Delta T}{\nu\Delta T} = \frac{5}{2}R$

2-3 − T↓

3-1 − T↓

$Q_{23} = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\Delta PV$

$Q_{31} = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + P\Delta V = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + P\cdot(V_1-V_3) = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$

$C_1 = \frac{Q_{23}}{\nu\Delta T} = \frac{3}{2}R\Delta T_1 = \frac{3}{2}R(T_3-T_2)$

$C_2 = \frac{Q_{31}}{\nu\Delta T} = \frac{3}{2}R\Delta T_2 = \frac{3}{2}R(T_1-T_3) = \frac{5}{2}R$

$\frac{C_1}{C_2} = \frac{T_3-T_2}{T_1-T_3}$

$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow P_1V_1 = \nu RT_1$, $P_2V_2 = \nu RT_2 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1}\cdot\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2$

$T_2 = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 T_1$

$\frac{T_3}{T_2} = \frac{P_3}{P_2} = \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = \frac{P_2}{P_1}$ $\quad T_3 = \frac{P_1}{P_2}T_2 = \frac{P_2}{P_1}T_1$

$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{P_2}{P_1}T_1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2T_1}{T_1 - \frac{P_2}{P_1}T_1} = \frac{P_2\cdot P_1 - P_2^2}{P_1^2} : \frac{P_1-P_2}{P_1} = \frac{P_2\,\cancel{(P_1-P_2)}}{P_1\,\cancel{(P_1-P_2)}} = \frac{P_2}{P_1}$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1) = \frac{3}{2} \quad \frac{P_2}{P_1}-1 \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow V_2 = \frac{P_2}{P_1}V_1$

$A_{12} = \frac{P_1+P_2}{2}\cdot(V_2-V_1) = \frac{1}{2}(P_1+P_2)V_1\left(\frac{P_2}{P_1}-1\right) = \frac{1}{2}\frac{(P_1+P_2)(P_2-P_1)}{P_1}V_1$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$T_2 - T_1 = \left(\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 - 1\right) T_1 = \frac{P_2^2 - P_1^2}{P_1^2} T_1$ $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R \cdot \frac{P_2^2 - P_1^2}{P_1^2} T_1$ $\frac{V_1}{P_1} = \frac{V_2}{P_2}$

$A_{23} = \frac{1}{2} \frac{P_2^2 - P_1^2}{P_1} V_1$ $P_1V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{P_1}{\nu R}$ $\frac{T_1}{P_1V_1} = \frac{1}{\nu R}$

$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = 3\nu R \cdot \frac{1}{P_1} \cdot \frac{T_1}{V_1} = 3\nu R \cdot \frac{1}{\nu R} = 3$ $T_3 = \frac{P_2}{P_1} T_1$

$\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}$ $Q_H = \Delta U_{23} + A_{23} = 4A_{23} = 4 \cdot \frac{1}{2}(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)$

$Q_X = |Q_1 + Q_2| = \left|\frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) + P_1(V_1 - V_3)\right| =$

$= \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2 + T_1 - T_3) + P_1(V_1 - V_3) =$

$= \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_2) + P_1(V_1 - V_3)$

$V_2 - V_1 = \frac{P_2}{P_1}V_1 - V_1 = V_1\left(\frac{P_2}{P_1} - 1\right) = \frac{(P_2 - P_1)V_1}{P_1}$

$V_1 - V_3 = V_1 - \frac{P_2}{P_1}V_1 = V_1 \frac{P_1 - P_2}{P_1} = \frac{(P_1 - P_2)V_1}{P_1}$

$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} = \frac{P_2}{P_1}$

$T_1 - T_2 = T_1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 T_1 = T_1 \frac{P_1^2 - P_2^2}{P_1^2}$

$Q_H = 2(P_1 + P_2) \cdot \frac{(P_2 - P_1)V_1}{P_1}$

$Q_X = \frac{3}{2}\nu R \cdot \frac{(P_1 - P_2)^2}{P_1^2} \cdot T_1 + \cancel{P_1} \cdot \frac{(P_1 - P_2)V_1}{\cancel{P_1}} =$ $\nu R T_1 = P_1V_1$ $T_1 = \frac{P_1V_1}{\nu R}$

$= \frac{3}{2} \frac{(P_1 - P_2)(P_1 + P_2)}{P_1^2} \cdot \cancel{\nu R} \cdot \frac{P_1 V_1}{\cancel{\nu R}} = \frac{3}{2} \frac{(P_1 - P_2)(P_1 + P_2)V_1}{P_1} + (P_1 - P_2)V_1 =$

$= (P_1 - P_2)V_1\left(\frac{3}{2}\frac{(P_1 + P_2)}{P_1} + 1\right) = \cancel{2(P_1 - P_2)V_1\left(\frac{3}{2}\right.}$

$\eta = \frac{\frac{2(P_1 + P_2)(P_2 - P_1)\cancel{V_1}}{P_1} - (P_2 - P_1)\cancel{V_1}\left(\frac{3}{2}\frac{(P_1 + P_2)}{P_1} + 1\right)}{\left(\frac{2(P_1 + P_2)(P_2 - P_1)\cancel{V_1}}{P_1}\right)} =$ $P_2 = kP_1$

$= \frac{2\frac{P_2 + P_1}{P_1} - \frac{3}{2}\frac{P_1 + P_2}{P_1} - 1}{2 \cdot \frac{P_1 + P_2}{P_1}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 + P_2}{P_1} - 1}{2\left(\frac{P_1 + P_2}{P_1}\right)} =$ $\frac{k-1}{4(k+1)}$

$= \frac{\frac{P_1 + P_2}{P_1} - 2}{4 \cdot \frac{P_1 + P_2}{P_1}} = \frac{P_2 - P_1}{\cancel{P_1}} : \frac{4(P_1 + P_2)}{\cancel{P_1}} = \frac{P_2 - P_1}{4(P_1 + P_2)} = \frac{\cancel{P_1}(k-1)}{4\cancel{P_1}(k+1)} =$

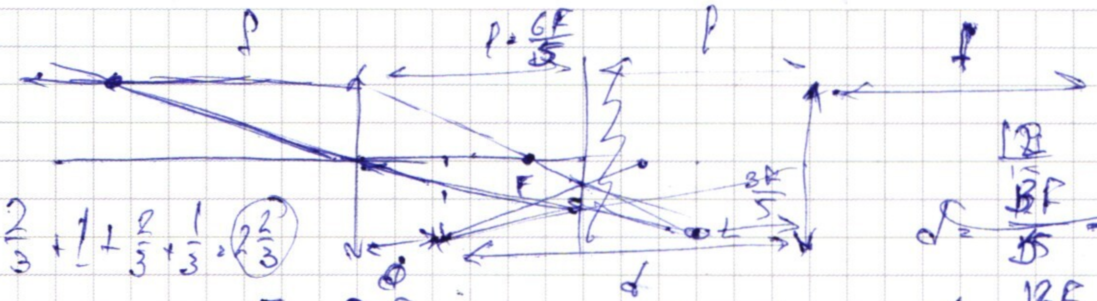
☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\frac{2}{3} + 1\frac{1}{2}\ \frac{2}{3} + \frac{1}{3} = 2\frac{2}{3}$

$d = \frac{\frac{12}{15}F}{15} - \frac{9F}{15} = \frac{3F}{15}$

$d = \frac{12F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{9F}{5}$

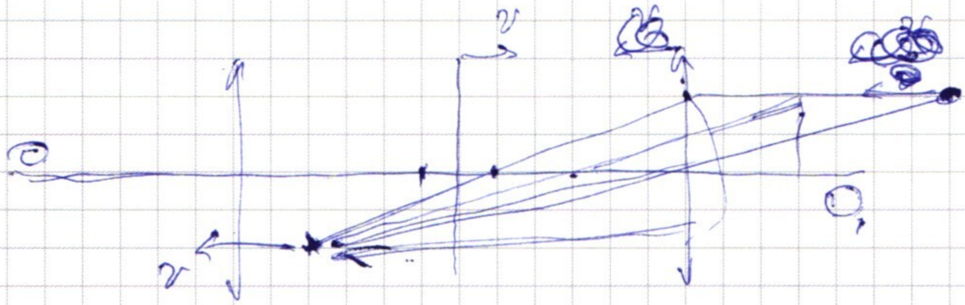
5 $\frac{3F}{5}$

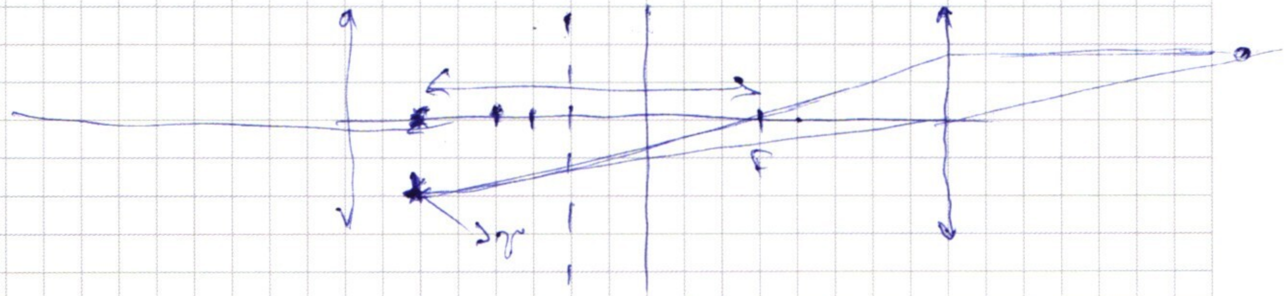
$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

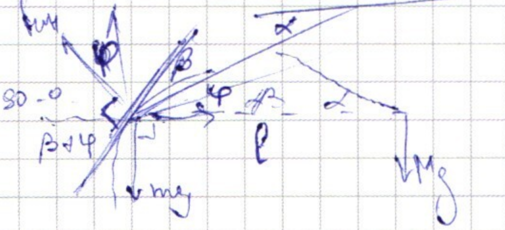
$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F\cdot\frac{9}{5}F}{(\frac{9}{5}-1)F} = \frac{9}{5} : \frac{4}{5}F = \frac{9}{4}F$

F

$x = f + 2l - \frac{3F}{5} = \left(\frac{9}{4} + \frac{12}{5} - \frac{3}{5}\right)F = \left(\frac{9}{4} + \frac{9}{5}\right)F = \frac{81}{20}F = 4{,}05F$



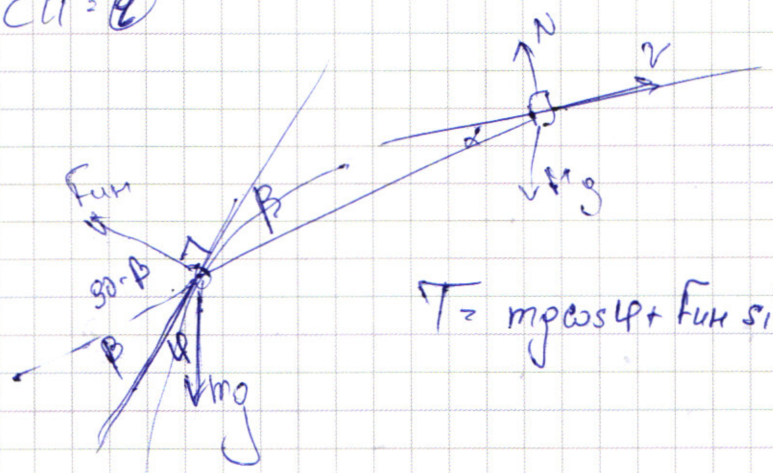




$T = F_{мн}\sin(\beta+\varphi) = m\frac{v^2}{R}\sin\beta$

$$\Delta\varphi = k\frac{q}{r} - k\frac{q}{r+l} = kq\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r+l}\right) = kq\frac{r+l-r}{(r+l)r} = \boxed{kq\frac{l}{r^2+lr}}$$

CU = 2



$T = mg\cos\varphi + F_{ин}\sin\beta$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\left((k-1)(4k+4)^{-1}\right)' = (k-1)'(4k+4)^{-1} + (k-1)\left((4k+4)^{-1}\right)' =$$

$$= \frac{1}{4k+4} + (k-1)\cdot(-1)\cdot 4\,\frac{1}{(4k+4)^2} = \frac{1}{4k+4} - \frac{4k-4}{(4k+4)^2} =$$

$$= \frac{4k+4-4k+4}{(4k+4)^2} = \frac{8}{16(k+1)^2} = \frac{1}{2(k+1)^2}$$

$900 \,|\, 44$; 88; 200; 20

$20\frac{20}{44}$; $20\frac{10}{22}$; $20\frac{5}{11}$

$128 \,|\, 7$; 7; 58; 49; 6; 17

$\frac{900}{44}$

$$\eta = \frac{4}{4\cdot 6} = \frac{1}{6} \qquad \frac{9}{4\cdot 11}$$

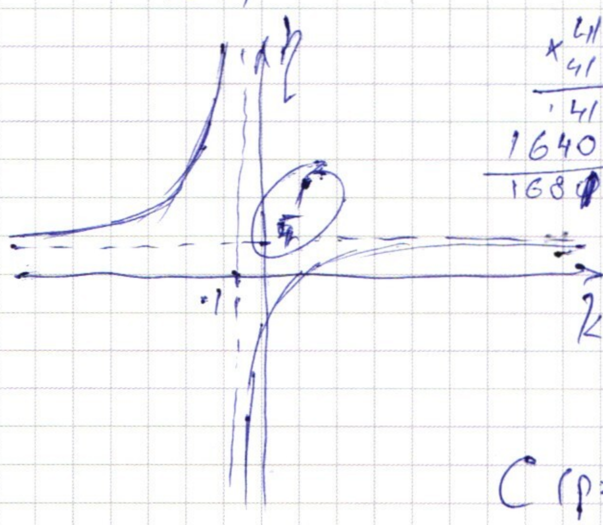
$$\eta = \frac{5}{4\cdot 7} = \frac{5}{28}$$

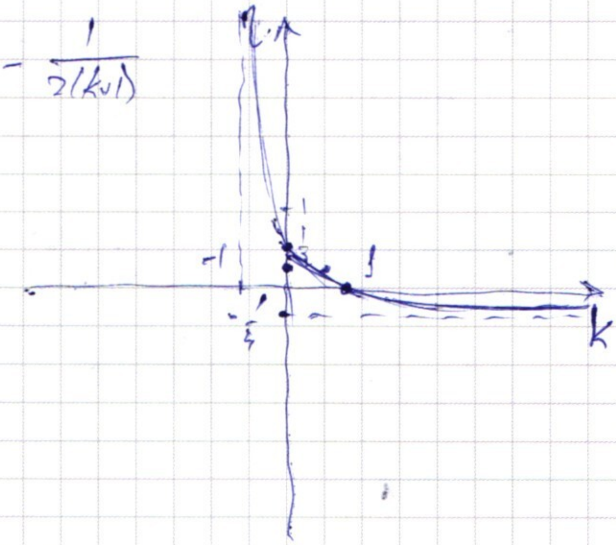
$$\frac{100}{6} = \frac{50}{3} = 16\frac{2}{3} \qquad \frac{500}{28} = \frac{250}{14} = \frac{125}{7} = 17\frac{6}{7}$$

$17 \times 17 = 119 + 170 = 289$; 64; 225

$$\frac{k-1}{4(k+1)}, \quad \frac{k+1-2}{4(k+1)} = \frac{1}{4} - \frac{1}{2(k+1)}$$

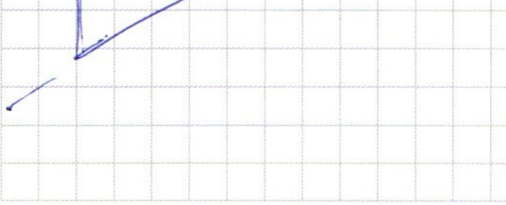
$41 \times 41 = 41 + 1640 = 1681$



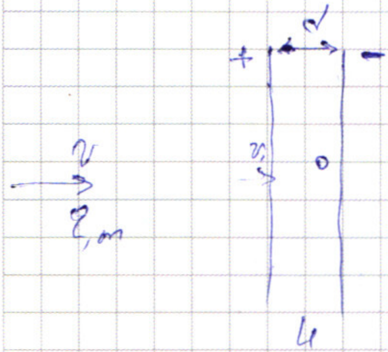


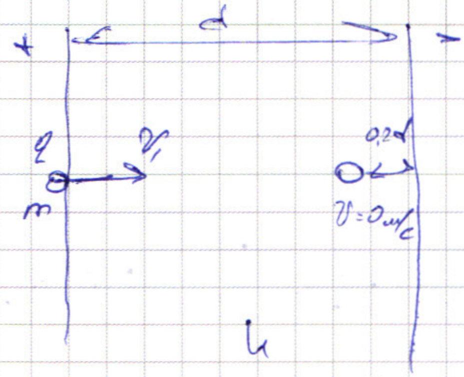
$$C\,(p=const) = \frac{i+2}{2}R \qquad \sin\alpha = 1 - \frac{16}{25} = \frac{9}{25} = \frac{3}{5}$$

$$C\,(V=const) = \frac{i}{2}R \qquad \sin\beta = 1 - \frac{64}{289} = \frac{225}{289} = \frac{15}{17}$$



$3{,}4 \times 3{,}4 = 136 + 1020 = 11{,}56$





$v_1 = at$ $\quad ma = Eq \Rightarrow a = E\frac{q}{m}$ $\quad E = \frac{U}{d}$

$0{,}8d = v_1 t - \frac{at^2}{2}$ $\quad t = \frac{v_1}{a}$ $\quad a = \frac{U}{d}\cdot\frac{q}{m}$

$0{,}8d = \frac{v_1^2}{a} - \frac{a}{2}\cdot\frac{v_1^2}{a^2} = \frac{v_1^2}{2a}$

$\frac{4}{5}0{,}8d = v_1^2\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{m}{q}\cdot\frac{d}{U}$ $\quad \frac{4}{5}\frac{q}{m} = \frac{1}{2}\frac{v_1^2}{U}$

$\gamma = \frac{q}{m} = \frac{5}{8}\cdot\frac{v_1^2}{U}$

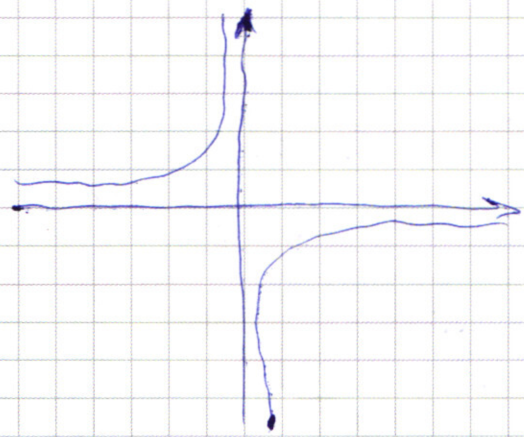
$t_0 = t_1 + t_2$ $\quad t_0 = 2t_1 = \frac{2v_1}{a} = 2v_1\cdot\frac{dm}{Uq} = \frac{2v_1 d}{U}\cdot\left(\frac{q}{m}\right)^{-1} =$

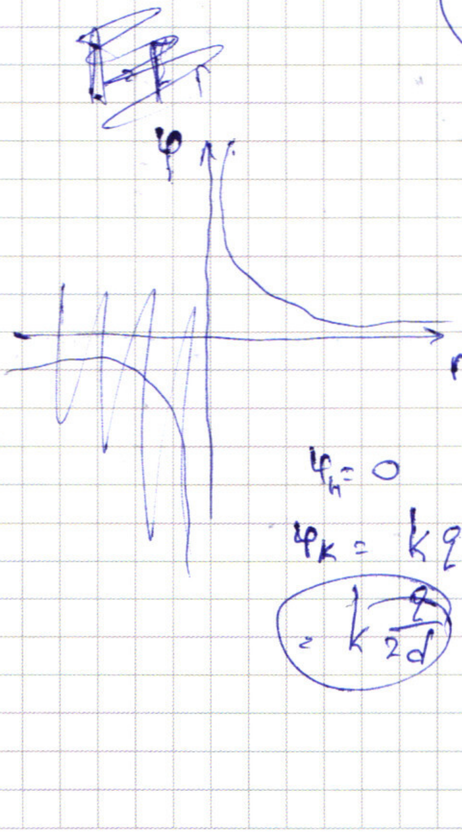
$= \frac{2v_1 d}{U}\cdot\frac{8}{5}\cdot\frac{U}{v_1^2} = \frac{16d}{5v_1} = 3{,}2\frac{d}{v_1}$

U
d
v_1

$\frac{mv^2}{2} = Uq$ $\quad \varphi = k\frac{q_0}{r}$

$\varphi' = kq_0(-1)\cdot\frac{1}{r^2} = 0$





$\varphi_н = 0$

$\varphi_к = kq\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{2d}\right) =$

$= k\frac{q}{2d}$