

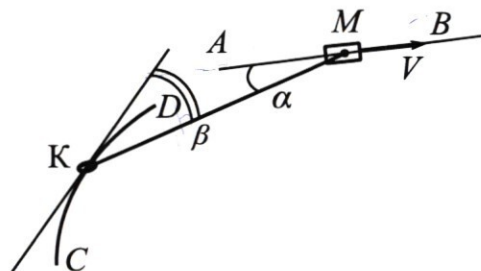
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

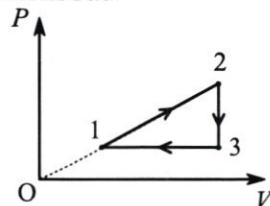
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) 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 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.

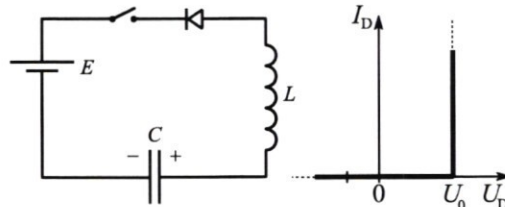
- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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.

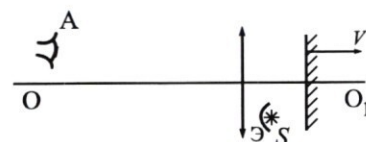


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

Задача №4

1.) Сразу после замыкания ключа $\mathcal{E} = U_1 - \mathcal{E}_i$
 $\rightarrow \mathcal{E}_i = LI' = U_1 - \mathcal{E}$, тогда $I' = \frac{U_1 - \mathcal{E}}{L} = \frac{9-6}{0,4} =$
 $= 7,5 \frac{A}{c}$

2.) Если не было бы разрыва максимального ток
был бы 15мА когда $U_c = \mathcal{E}$, тогда теперь $U_c = \mathcal{E} + U_0$

Тпо есть ищем по ЗСЭ

$$\mathcal{A}_u = (C(\mathcal{E} + U_0) - CU_1) \mathcal{E} = \frac{(C(\mathcal{E} + U_0))^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$$

$$C\mathcal{E}^2 + C\mathcal{E} - CU_1\mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + C\mathcal{E} + \frac{C}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} - CU_1\mathcal{E} + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{C}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C}{L} (\mathcal{E}^2 - 2U_1\mathcal{E} + U_1^2 - 1)} = \sqrt{\frac{10^{-5}}{4 \cdot 10^{-1}} (36 - 3 \cdot 36 + 81 - 1)} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 10^{-4}} \approx 14 \text{ мА}$$

3.) $U_2 = \text{const}$ ток не меняет

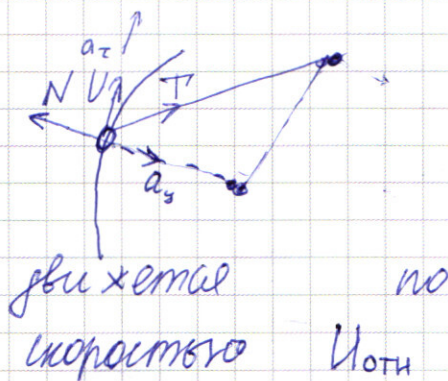
$$\mathcal{A}_u = (CU_2 - CU_1) \mathcal{E} = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$2U_2\mathcal{E} - 2U_1\mathcal{E} = U_2^2 - U_1^2 \quad \text{и } U_2 \neq U_1$$

$$2\mathcal{E} = U_2 + U_1 \Rightarrow U_2 = 2\mathcal{E} - U_1 = 12 - 9 = 3 \text{ В.}$$

Ответ: 1.) $7,5 \frac{A}{c}$ 2.) 14 мА 3.) 3 В

Задача №1 (продолжение)

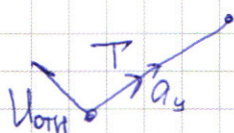


Закон Ньютона

$$ma_z = T \cos \beta$$

$$ma_y = \frac{mv^2}{R} = T \sin \beta - N$$

Относительно центра окружности радиуса R и



По 2 закону Ньютона

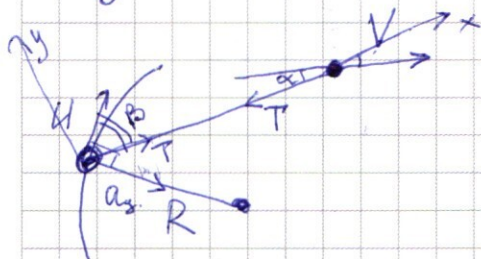
$$ma_y = T = \frac{mv_{отн}^2}{R} = \frac{0,4 \cdot 4,2^2}{\frac{17}{15} \cdot 1,9} =$$

$$= \frac{10584}{3230} \approx 3,2 \text{ Н}$$

Ответ: 1.) 3,4 $\frac{м}{с}$ 2.) 4,2 $\frac{м}{с}$ 3.) 3,2 Н

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача N 1.



1.) Т.к. длина троса постоянна, и он нерастяжим, то проекции скорости на него равны $U \cos \beta = V \cos \alpha$

$$\Rightarrow U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{8}{17}} = \frac{17}{5} \frac{м}{с}$$

$$U = 3,4 \frac{м}{с}$$

2.) Т.к. относительно троса они движутся в одинаковом направлении с одинаковой скоростью трос будет осью x, перпендикулярно ему построим ось y, скорость колеса относительно муфты будет состоять только из y-компоненты

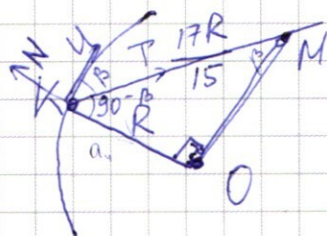
$$U_{отн.} = U \sin \beta + V \sin \alpha \quad \left(\begin{array}{l} U \sin \beta \\ V \sin \alpha \end{array} \right) \quad \begin{array}{l} \text{Возм.} \\ \text{получаем} \end{array}$$

$$U_{отн.} = \frac{17}{5} \cdot \frac{15}{17} + 2 \cdot \frac{3}{5} = 3 + 1\frac{1}{5} = 4,2 \frac{м}{с}$$

3.) Запишем 2 закона Ньютона для колеса в проекции на ось x

$$m a_x \sin \beta = T$$

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



Т.к. $\cos(90-\beta) = \sin \beta = \frac{15}{17}$ получаем, что по т. обратной т. Пифагора ΔKOM прямоугольный

Задача №2.

1) По закону сохранения ^{но упр. Менделеева - Кирпичева} энергии

$$Q_{23} = m c_{23} T_{23} = U_{23} = \frac{3}{2} \nu R T_{23} \Rightarrow c_{23} = \frac{3}{2} \frac{\nu R}{m}$$

($A_{23} = 0$, т.к. изохора)

$$Q_{31} = A_{31} + U_{31} = m c_{31} T_{31} = P_1 V_1 - P_3 V_3 + \frac{3}{2} \nu R T_{13} \stackrel{\text{но упр. М.К.}}{=} \\ = \nu R T_1 - \nu R T_3 + \frac{3}{2} \nu R T_{31} = \frac{5}{2} \nu R T_{31} \quad (= \frac{5}{2} A_{31})$$

$$\Rightarrow c_{31} = \frac{5}{2} \frac{\nu R}{m}$$

~~М.К. масса газа и кол.~~

$$c_{23} = \frac{3}{2} \frac{R}{M}$$

$$c_{31} = \frac{5}{2} \frac{R}{M}$$

молярные массы равны $\Rightarrow$

$$\frac{c_{23}}{c_{31}} = \frac{3}{5}$$

(Понижение температур газа произошло только на участках 2-3 и 3-1, т.к. при $V = \text{const}$ уменьшалось P , а в другом при $P = \text{const}$ уменьшалось V , а $P \sim T$ и $V \sim T \Rightarrow T$ - уменьшалось. В процессе 1-2 V, P растут $\rightarrow T$ - растет)

2) $\frac{U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{\frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1)} \stackrel{\text{но упр. М.К.}}{=} \frac{\frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1 + P_1 V_2 - P_2 V_1}{2}} = \frac{\frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}} = 3$

($P_1 V_2 = P_2 V_1$ из пропорциональности $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$)

$$\Rightarrow \frac{U_{12}}{A_{12}} = 3$$

3) $\eta = \frac{A_4}{Q_{12}} = \frac{A_{12} + A_{31}}{\frac{5}{2} A_{12}} \quad A_{31} = P_1 (V_1 - V_3) < 0$

то есть η - максимуму когда A_{31} максимуму, то есть стремится к 0

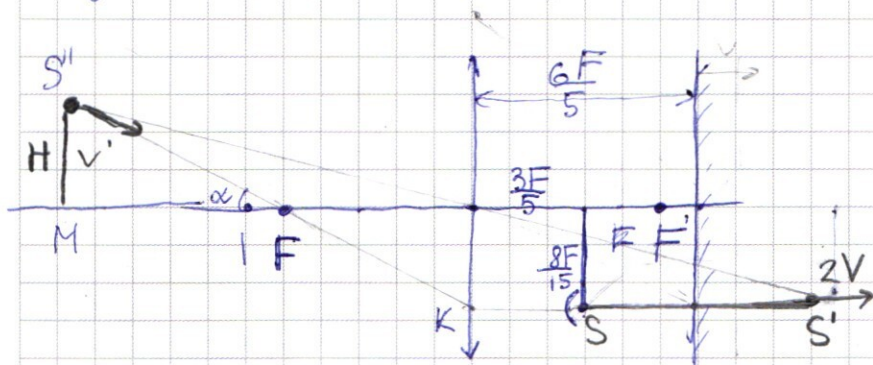
$$\Rightarrow \eta_{\text{макс}} = \frac{A_{12}}{\frac{5}{2} A_{12}} = \frac{2}{5} = 40\%$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2.

Ответ: 1.) $\frac{3}{5} = 0,6$ 2.) 3 3.) 40 %

Задача №5



$$1) d = \frac{3F}{5} + \left(\frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} \right) \cdot 2 = \frac{9F}{5}$$

Линза собирающая S' находится за фокусом $\Rightarrow$ изображение действительное

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{9F}{5}}{\frac{9F}{5} - F} = \frac{9}{4} F$$

На расстоянии $\frac{9F}{4}$

2) Скорость источника S' равна $2V$, т.к. за одно и то же время зеркало проходит в два раза меньшее расстояние чем источник S' . Запомним, что вектор скорости параллелен SS' , а $\angle S'S'$ - переходит в прямую FK , то есть достаточно найти α .

$$\Gamma = \frac{|f|}{d} = \frac{\frac{9}{4} F}{\frac{9F}{5}} = \frac{5}{4}$$

$$\Gamma = \frac{H_y}{h} \Rightarrow H_y = \frac{5}{4} \cdot \frac{8F}{15} = \frac{2}{3} F$$

$$MF = f - F = \frac{5}{4} F \Rightarrow \tan \alpha = \frac{H_y}{MF} = \frac{\frac{2}{3} F}{\frac{5}{4} F} = \frac{8}{15}$$

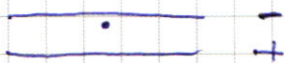
3.) Значит, что $\Gamma^2 U \cos \alpha = 2V \Rightarrow U = \frac{2V}{\Gamma^2 \cos \alpha} = \frac{2V}{\frac{25}{16} \cdot \frac{15}{17}}$

($\cos \alpha = \frac{15}{17}$)

$U = \frac{32 \cdot 17 V}{25 \cdot 15} = \frac{544}{375} V = 1 \frac{169}{375} V \approx 1,5 V$

Ответ: 1) $\frac{9F}{4}$ 2) $\alpha = \arctg \frac{8}{15}$ 3.) $U = \frac{544 V}{375} \approx 1,5 V$

Задача 3.



1.) В момент E_k частица останавливается $\frac{m V_1^2}{2} = U q l \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{q l}{m} = \frac{V_1^2}{2U}$

(кинетическая энергия превращается в э. поле) Запишем уравнение движения

д частицы

2.) $0,8d = V_1 t - \frac{at^2}{2}$

, где t - время от начала до остановки

$V_1 = at \Rightarrow a = \frac{V_1}{t}$

$0,8d = V_1 t - \frac{V_1 t}{2} = \frac{V_1 t}{2}$

$\Rightarrow t = \frac{1,6d}{V_1}$

Теперь частица движется обратно

под действием такого же ускорения она приобретает ту же скорость V_1 и движется обратно, то

есть $T = 2t = \frac{3,2d}{V_1}$

3.) Запишем ЗСЭ на большом расстоянии

$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_1^2}{2} + q U$

$V_0^2 = V_1^2 + 2 \chi U$

$V_0 = \sqrt{V_1^2 + V_1^2} \Rightarrow V_0 = \sqrt{2} V_1 = 1,4 V_1$

Ответ: 1) $\chi = \frac{V_1^2}{2U}$ 2.) $T = \frac{3,2d}{V_1}$ 3.) $V_0 = 1,4 V_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

22

$$(0 - CU_1) \varepsilon = -\frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} - CU_1 \varepsilon = \frac{LI^2}{2}$$

$$I' = \frac{C}{L} (U_1^2 - 2CU_1 \varepsilon) = \frac{C}{L} 81 - 2 \cdot 9 \cdot 6$$

$$1690 / 375$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 375 \\ \hline 1875 \\ - 375 \\ \hline 1500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 2 \\ \hline 338 \end{array}$$

$$A = (C\mathcal{E} - CU_1)\mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} - CU_1\mathcal{E} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{L} - \frac{2CU_1\mathcal{E}}{L} + \frac{CU_1^2}{L} = \frac{10^{-5}}{4 \cdot 10^{-1}} (36 - 36 \cdot 3 + 81)$$

Момент индукции
 $\mathcal{M} = I_m B$
 P_1

$$= \frac{10^{-4}}{4} (81 - 72) = \frac{9 \cdot 10^{-4}}{4}$$

$$LI' = \mathcal{E}$$

$$I' = \frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$I_m = \frac{3}{2} \cdot 10^{-2} = 1,5 \cdot 10^{-2} =$$

$$\frac{30}{4} = \frac{15}{2} = 15 \text{ мА}$$

$$(CU_2 - CU_1)\mathcal{E} = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$\frac{8 \cdot 10^{-4}}{4} =$$

$$= \sqrt{2} \cdot 10^{-4} =$$

$$14 \text{ мА}$$



$$\mathcal{E} = U_1 - \mathcal{E}_i \Rightarrow \mathcal{E}_i = U_1 - \mathcal{E} = LI' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I' = \frac{U_1 - \mathcal{E}}{L}$$

$$+ C\mathcal{E}$$

$$+ C\mathcal{E} + \frac{C}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

289-64
225

$T = \frac{2R}{15}$

$T = \frac{mU^2 \cos^2 \alpha}{R}$

$T = \frac{mU^2}{R}$

$a_y = \frac{U^2}{R}$

$U = \omega R$

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

$U \sin \alpha + U \sin \beta =$
 $= U \cdot \frac{15}{17} + U \cdot \frac{3}{5}$

$3 + \frac{6}{5} = 4,2 \frac{m}{c}$

$a_r = -\frac{U^2}{R} \cos \beta$

$\frac{mU^2}{R} = T \sin \beta - N$
 $ma_r = T \cos \beta$
 $\frac{U^2}{R} \cos \beta = T \cos \beta$

$0,4 \cdot 3,4^2 \cdot \frac{15}{17} =$

$0,4 \cdot 0,2 \cdot 3,4 \cdot 15$
 $\frac{1,9}{1,9}$
 $\frac{0,4 \cdot 3,4 \cdot 3}{19}$

$$\frac{C_H}{C_2} \approx \frac{C}{M}$$

$$mC_{23}T_{23} = Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2}(DRT_3 - DRT_2) = \frac{3}{2}DR T_{23}$$

C_{23}

C_{31}

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} \frac{DR}{m}$$

$$mC_{31}T_{31} = Q_{31} = \frac{5}{2}$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$$

$$P_1 V_2 = P_2 V_1$$

$$\frac{U_{12}}{\Delta_{12}} = \frac{\frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1)} = 3 :$$

$$\nu = \frac{\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2} + -(P_1 V_2 - P_1 V_1)}{Q_{12} = \frac{5}{2} \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}} =$$

$$= \frac{\Delta - P_1(V_2 - V_1)}{\frac{5}{2} \Delta} = \frac{2}{5} = 0,4 = 40\%$$

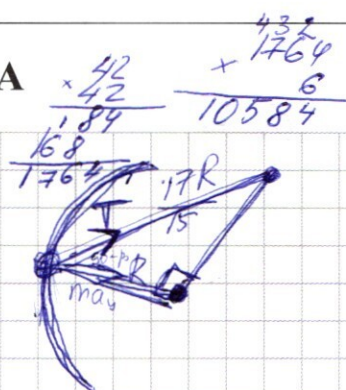
$$\begin{array}{r} 169 \\ 375 \\ \hline 544 \\ 0101 \end{array} \quad \begin{array}{r} 5 \pm 3 \\ 375 \\ \hline 125 \\ 1 \\ \hline 545 \\ 15 \\ \hline 54 \\ 34 \\ \hline 78 \\ 17 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{6 \cdot 4,2^2}{17 \cdot 1,9}$$

$$\frac{6 \cdot 42 \cdot 42}{17 \cdot 190}$$

$$\begin{array}{r} 3230 \times 19 \\ \times 17 \\ \hline 133 \\ 19 \\ \hline 323 \end{array}$$



$$\cos(90-15) = \sin 15 \quad \frac{15}{17}$$

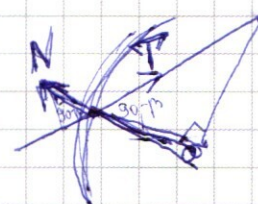
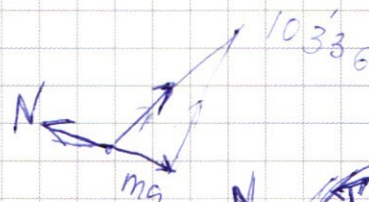
$$\frac{10584}{3230}$$

$$I =$$

$$I(t) =$$

$$\frac{m u^2}{R} \sin \rho$$

$$\begin{array}{r} \times 3230 \\ 32 \\ \hline 9690 \\ 646 \end{array}$$



$$L I' = \varepsilon$$

$$I' = \frac{\varepsilon}{L} = c$$

$$\frac{c \varepsilon^2}{2} + \frac{L I_m^2}{2} = \frac{C u_1^2}{2}$$

$$T' =$$

$$\frac{m u^2 \cos^2 \rho}{\frac{15}{17} R} = \frac{0,4 \cdot 3,4^2 \cdot \left(\frac{8}{17}\right)^2}{\frac{17}{15} \cdot 1,9} +$$

$$N \sin \rho$$

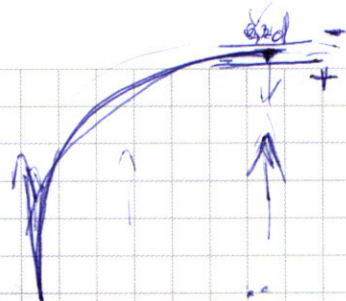
$$\frac{0,4 \cdot 3,4^2}{1,9} \left(\left(\frac{8}{17}\right)^2 + \frac{15}{17} \right) =$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ 64 \\ \hline 4 \end{array}$$

$$225$$

$$\frac{64 \cdot 15 + 15 \cdot 17^2}{17^3} =$$

$$ma =$$



$$U = Ed$$

$$qU$$

$$\frac{mV_1^2}{R} =$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = qU$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{C_\Delta U^2}{2}$$

$$U = E = Ud$$

$$E = \frac{kq}{Ed}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{2U}{mV_1^2}$$

T

$$mg = kQ^2 \left(\frac{1}{0,2d} + \frac{1}{0,8d} \right)$$

$$0,8d = U_1 t - \frac{at^2}{2}$$

$$U_1 = at$$

$$\Rightarrow a = \frac{U_1}{t}$$

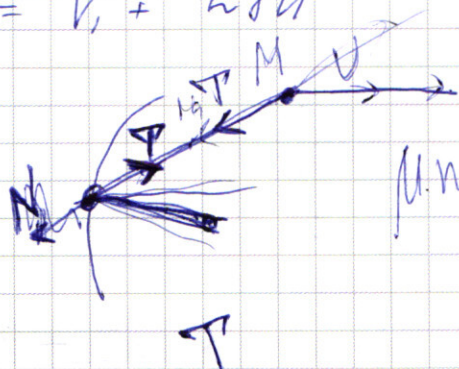
$$\frac{mU_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + qU$$

$$0,8d = U_1 t - \frac{U_1 t}{2} = \frac{U_1 t}{2}$$

$$t = \frac{1,6d}{U_1}$$

$$\Rightarrow T = \frac{3,2d}{U_1}$$

$$U_0^2 = V_1^2 + 2qU$$



$$\mu \cdot mg =$$

$$\frac{MU^2}{R}$$

$$MU \cos \theta$$