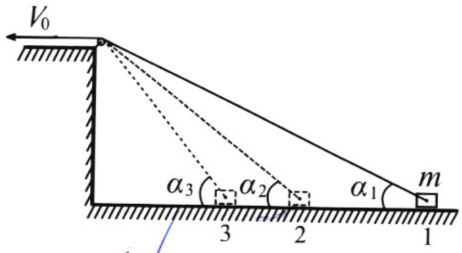
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-06

Шифр

(заполняется секретарём)



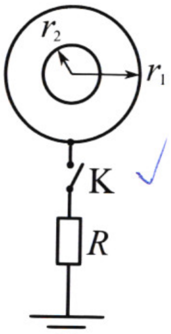
1. Груз массой m подтягивается по гладкой горизонтальной поверхности к стене с помощью лебедки, неподвижного небольшого легкого блока и легкого троса (см. рис.). Трос вытягивается лебедкой с постоянной скоростью V_0. Груз последовательно проходит точки 1, 2 и 3, для которых $\sin\alpha_1 = \dfrac{1}{2}, \sin\alpha_2 = \dfrac{3}{4}, \sin\alpha_3 = \dfrac{4}{5}$. От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время t_{12}.

1) Найти скорость V_2 груза при прохождении точки 2.
2) Найти работу лебедки A_{23} при перемещении груза из точки 2 в точку 3.
3) Найти время t_{13} перемещения груза из точки 1 в точку 3.

2. Цилиндрический сосуд, стоящий на горизонтальном столике, помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура $T_0 = 373\ K$. Стенки сосуда проводят тепло. Сосуд разделен на две части подвижным (нет трения при перемещении) поршнем. В нижней части находится воздух объемом V_1, в верхней - водяной пар и немного воды. Содержимое сосуда в равновесии. Поршень своим весом создает добавочное давление $P_0/6$, где P_0 – нормальное атмосферное давление. Сосуд переворачивают и ставят на столик, в верхней части оказывается воздух. Через некоторое время устанавливается новое равновесное состояние.

1) Найти объем V_2 воздуха в сосуде после переворачивания. $\frac{2V_1}{5}$
2) Найти изменение массы Δm воды. $\frac{2V_1 P_0 M}{5RT_0}$
3) Найти изменение внутренней энергии содержимого сосуда. $\frac{2V_1 P_0 M L}{5RT_0}$

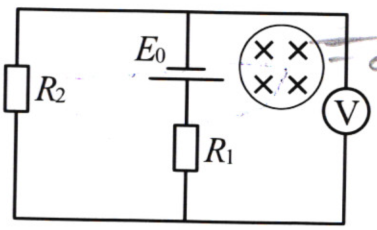
Удельная теплота испарения воды L, молярная масса воды μ. Массой воды, пара и воздуха по сравнению с массой поршня пренебречь. Объемом воды при конденсации пара можно пренебречь по сравнению с объемом пара, из которого образовалась вода. Воздух считать идеальным газом.



3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами r_1 и r_2 образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится отрицательный заряд $-q$, где $q>0$, а на внутреннем шаре – положительный заряд Q. Внешний шар соединен с Землей через ключ К и резистор R. Ключ замыкают.

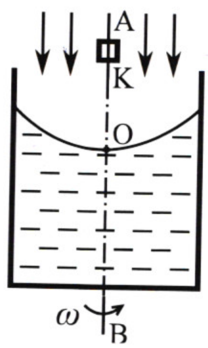
1) Найти заряд q_1 на внешнем шаре после замыкания ключа.
2) Найти энергию W_1 электрического поля в пространстве между шарами (сферами) до замыкания ключа.
3) Какое количество теплоты W выделится в резисторе R после замыкания ключа?

Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.



4. В проволочную конструкцию впаяны резисторы с сопротивлениями $R_1 = R$, $R_2 = 3R$, идеальный источник с ЭДС E_0, вольтметр с сопротивлением $R_V = 4R$ (см. рис.). Сопротивление проводов конструкции пренебрежимо мало. Однородное магнитное поле сосредоточено практически в узкой области – магнитном сердечнике с площадью поперечного сечения S.

1) Найти показание V_1 вольтметра, если индукция магнитного поля остается постоянной.
2) Найти показание V_2 вольтметра, если индукция магнитного поля возрастает с постоянной скоростью $\Delta B/\Delta t = k > 0$.



5. Цилиндрический сосуд с жидкостью вращается с угловой скоростью ω = 2,5 с$^{-1}$ вокруг вертикальной оси AB, совпадающей с осью симметрии сосуда (см. рис.). Наблюдатель, находясь вблизи экватора Земли, рассматривает в полдень изображение Солнца с помощью миниатюрной камеры К, расположенной на оси вращения.

1) Найти радиус кривизны свободной поверхности жидкости в её нижней точке O.
2) На каком расстоянии от точки O будет наблюдаться изображение Солнца, полученное в отраженных от свободной поверхности жидкости лучах?

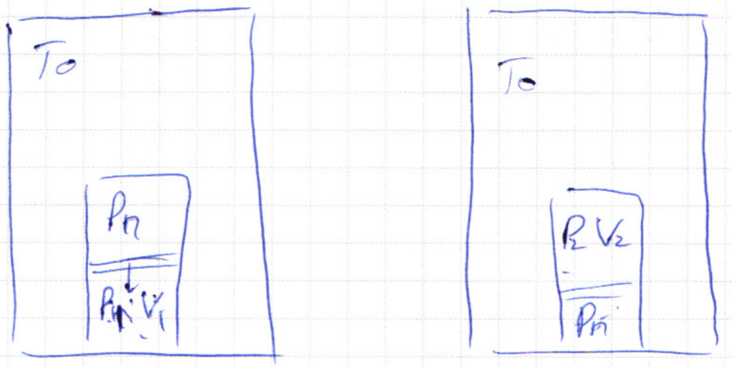
Принять g = 10 м/с^2.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

② 1)



т.к. $T_0 = 373$ к пар в обоих случаях насыщенный $\Rightarrow P_n = P_0$

~~$P_n(V-V_1)$~~ P_n – давление пара

P_1 – давл. воздуха в 1ом случае

P_2 – давл. возд. во 2ом случае

V_1 – объем возд. в 1ом сл

V_2 – во втором V – объем всего сосуда

Тогда масса пара в 1ом случае

$P_n(V-V_1) = \frac{m_{n1} R T_0}{\mu}$ (1)

масса пара во 2ом случае

$P_n(V-V_2) = \frac{m_{n2} R T_0}{\mu}$ (2)

кол. молей воздуха

$P_1 V_1 = \nu_1 R T_0$

$P_2 V_2 = \nu_2 R T_0$

поршень

$P_1 = P_n + P_0/6 = 7P_0/6$

$P_2 = P_n - P_0/6 = 5P_0/6$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Тогда $P_1 V_1 = P_2 V_2$ $\frac{7P_0}{6} V_1 = \frac{5 P_0 V_2}{6} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = \frac{7V_1}{5}$

2) (1) − (2) :

$P_n (V_2 - V_1) = \frac{\Delta m R T_0}{\mu}$

$P_0 \cdot \left(\frac{7V_1}{5} - \frac{5V_1}{5} \right) = \frac{\Delta m R T_0}{\mu}$

$\frac{2V_1}{5} P_0 = \frac{\Delta m R T_0}{\mu} \Rightarrow \Delta m = \frac{2V_1 P_0 \mu}{5 R T_0}$

3) Изменение внутр. энергии равна (по модулю) энергии, которая нужна для конденсации пара Δm.

$\Delta U = -Q = -L\Delta m = -\frac{2V_1 P_0 \mu}{5RT_0} L$

Ответ: 1) $\frac{7V_1}{5}$ 2) $\frac{2V_1 P_0 \mu}{5RT_0}$

3) $-\frac{2V_1 P_0 \mu}{5T_0 R} L$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

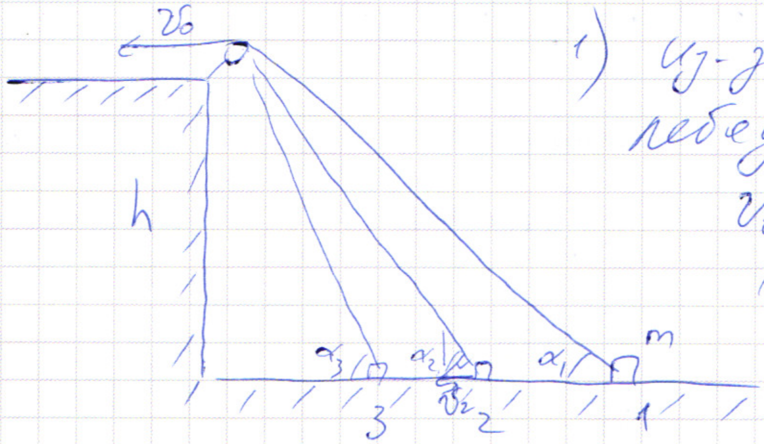
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1



1) Из-за нерастяжимости лебедки:

$v_0 = v_2 \cdot \cos\alpha_2$

(проекция скорости v_2 на лебедку)

$v_2 = \dfrac{v_0}{\cos\alpha_2}$

$\cos\alpha_2 = \sqrt{1-\sin^2\alpha_2} = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \sqrt{\frac{16-9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$

$v_2 = v_0 : \frac{\sqrt{7}}{4} = \dfrac{4v_0}{\sqrt{7}}$

2) ~~$\frac{mv_2}{}$~~ По ЗСЭ:

$\dfrac{mv_2^2}{2} + A_{23} = \dfrac{mv_3^2}{2}$

v_3 находится ~~...~~ аналогично v_2

$v_0 = v_3 \cos\alpha_3 \Rightarrow v_3 = \dfrac{v_0}{\cos\alpha_3}$

$\cos\alpha_3 = \sqrt{1-\sin^2\alpha_3} = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$

Тогда $A_{23} = \dfrac{m}{2}\left(\dfrac{25v_0^2}{9} - \dfrac{16v_0^2}{7}\right) =$

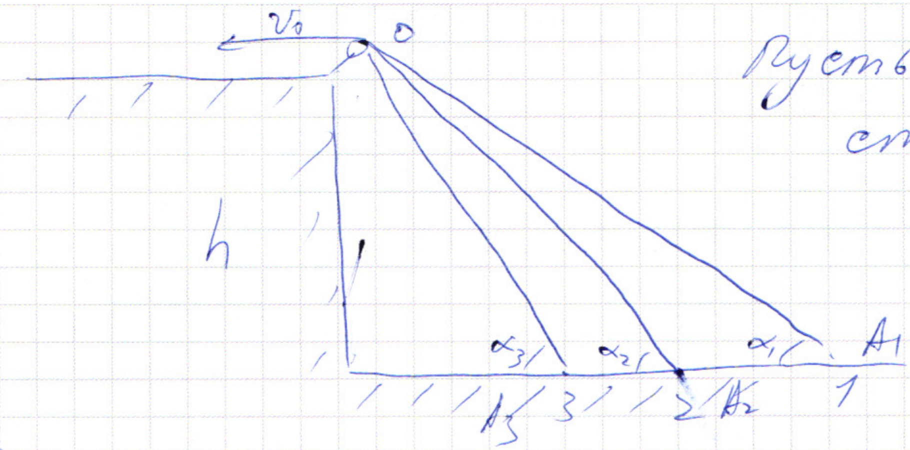
$= \dfrac{mv_0^2}{2}\left(\dfrac{25\cdot7-16\cdot9}{9\cdot7}\right) = \dfrac{mv_0^2}{2}\left(\dfrac{175-144}{63}\right) =$

$= \dfrac{31\cdot mv_0^2}{2\cdot63} = \dfrac{31\,mv_0^2}{126}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

(Нумеровать только чистовики)

3) 

Пусть h – высота стены

Тогда расстояние, которое прошёл верхний конец лебедки равен разницы длин OA_1 и OA_2

$\sin\alpha_1 = \frac{h}{OA_1}$ $\sin\alpha_2 = \frac{h}{OA_2}$

$OA_1 = \frac{h}{\sin\alpha_1}$ $OA_2 = \frac{h}{\sin\alpha_2}$

Тогда для перемещения $1 \to 2$

$v_0 \cdot t_{12} = OA_1 - OA_2 = \frac{h}{\sin\alpha_1} - \frac{h}{\sin\alpha_2} = h\left(\frac{1}{\frac{1}{2}} - \frac{1}{\frac{3}{4}}\right) =$

$= h\left(\frac{3 \cdot 2}{3} - \frac{4}{3}\right) = h\left(\frac{6-4}{3}\right) = \frac{2}{3}h \Rightarrow$

$\Rightarrow h = \frac{3 v_0 t_{12}}{2}$

Тогда для t_{13}:

$\frac{h}{OA_3} = \sin\alpha_3 \Rightarrow OA_3 = \frac{h}{\sin\alpha_3} = \frac{5h}{4}$

$v_0 t_{13} = OA_1 - OA_3 = \frac{h}{\sin\alpha_1} - \frac{h}{\sin\alpha_3} = \frac{4 \cdot 2h}{4} - \frac{5h}{4} =$

$= \frac{8h - 5h}{4} = \frac{3h}{4} = \frac{3 \cdot 3 v_0 t_{12}}{4 \cdot 2}$

Значит: $t_{13} = \frac{9}{8} t_{12}$

Ответ: 1) $\frac{4v_0}{\sqrt{7}}$

2) $\frac{31 m v_0^2}{126}$

3) $\frac{9}{8} t_{12}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3 1) После замыкания ключа внешняя сфера будет заземлена $\Rightarrow$ потенциал φ_1 на внешней сфере равен 0

Получаем $0 = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq_1}{r_1} \Rightarrow q_1 = -Q$

2) Допустим сначала была заряжена лишь вн сфера

$q_0 = 0$

Теперь будем приносить маленький по модулю заряд от бесконечности на внеш. сферу

Тогда $dA = dq \cdot \cancel{(\varphi_2 - \varphi)}\, \Delta\varphi$, где $\Delta\varphi = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq_1}{r_1}$

где q_1 - заряд, который мы уже перенесли

$$dA = dq\left(\frac{kQ}{r_1} + \frac{kq_1}{r_1}\right)$$

$$\int_0^{W_1} dA = \int_0^{-q} \frac{kQ\,dq}{r_1} + \frac{kq_1\,dq}{r_1}$$

$$W_1 = -\frac{kQq}{r_1} + \frac{kq^2}{2r_1}$$

3) Теперь получим энергию для второго случая

$dA = dq\left(\frac{kQ}{r_1} + \frac{kq_2}{r_1}\right)$ $\quad W_2 = \int_0^{W_2} dA = \int_0^{-Q}\left(\frac{kQ\,dq}{r_1} + \frac{kq_2\,dq}{r_1}\right)$

$$W_2 = -\frac{4kQ^2}{2r_1} + \frac{kQ^2}{2r_1} = -\frac{kQ^2}{2r_1}$$

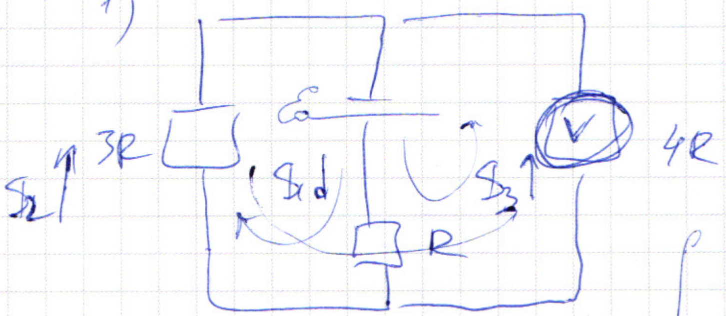
Тогда по ЗСЭ: $W = W_1 - W_2 = -\frac{kqQ}{r_1} + \frac{kq^2}{2r_1} + \frac{kQ^2}{2r_1}$

Ответ: 1) $-Q$

2) $-\frac{kQq}{r_1} + \frac{kq^2}{2r_1}$

3) $-\frac{kQq}{r_1} + \frac{kq^2}{2r_1} + \frac{kQ^2}{2r_1}$

4) 1)



Токи обознач. на ~~рис~~ рисунке. Тогда:

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3 \\ \mathcal{E}_0 = I_1 R + 3 I_2 R \\ \mathcal{E}_0 = I_1 R + 4R I_3 \\ 4R I_3 = 3R I_2 \end{cases}$$

$\mathcal{E}_0 = I_1 R + 3I_2 R = I_2 R + I_3 R + 3 I_2 R \Rightarrow$

$\Rightarrow \mathcal{E}_0 = 4 I_2 R + I_3 R \Rightarrow$ ~~$\frac{\mathcal{E}_0 - I_3 R}{4R} = I_2$~~

~~$\Rightarrow I_3 = \frac{\mathcal{E}_0 - 4I_2 R}{R}$~~

~~$4R I_3 =$~~ $\Rightarrow I_2 = \frac{\mathcal{E}_0 - I_3 R}{4R}$

$3R I_2 = \frac{3R(\mathcal{E}_0 - I_3 R)}{4R} = 4R I_3$

$3\mathcal{E}_0 - 3 I_3 R = 16 R I_3$

$3\mathcal{E}_0 = 19 I_3 R \Rightarrow I_3 R = \frac{3\mathcal{E}_0}{19}$ $\quad V_1 = 4R I_3 = \frac{12\mathcal{E}_0}{19}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

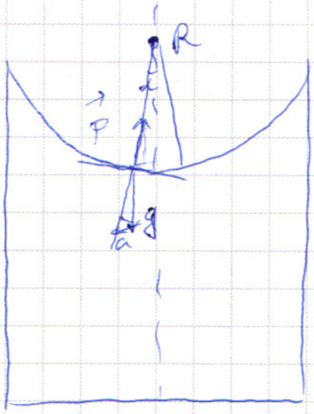
4 продолжение

2) т.к. ~~то~~ пули узкий $\Rightarrow$ не будет никакого действия на данный контур $\Rightarrow$ $V_2 = V_1 = \frac{12 E_0}{19}$

Ответ: 1) $\frac{12E_0}{19}$

2) $\frac{12E_0}{19}$

5



Пусть для Δm - воды. Тогда по 2-ому закону ньютона

$\Delta m \omega^2 \rho = F \sin\alpha$

расстояние до оси

~~R~~ $\sin\alpha = \frac{\rho}{R} \Rightarrow$

$\Rightarrow \rho = \sin\alpha R$

$\Delta m \omega^2 \rho = F \sin\alpha$

$\Delta m \omega^2 \cdot \cancel{\sin\alpha} R = F \cancel{\sin\alpha}$

$F = \rho V (a_{от})$ $\quad a_{от} = g\cos\alpha + a\sin\alpha =$

$= g\cos\alpha + \omega^2 \rho \sin\alpha =$

$= g\cos\alpha + \omega^2 R \sin^2\alpha$

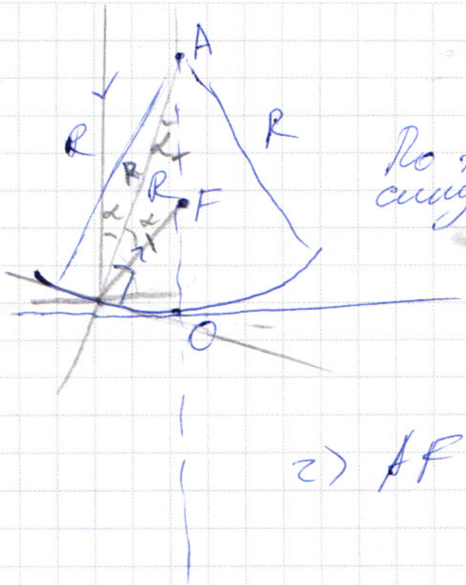
$\Delta m = \rho V \Rightarrow$ $\cancel{\Delta m}\omega^2 R = \cancel{\rho V}(g\cos\alpha + \omega^2 R\sin^2\alpha)$

$\omega^2 R(1 - \sin^2\alpha) = g\cos\alpha$

$\omega^2 R \cdot \cos^2\alpha = g\cos\alpha$, т.к. $\alpha \to 0 \Rightarrow \omega^2 R = g \Rightarrow R = \frac{g}{\omega^2}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

2)



Для $\alpha \to 0$

По т. синусов $\frac{\sin(180-2\alpha)}{R} = \cancel{FA}$

$= \frac{\sin\alpha}{AF} \Rightarrow$

$\Rightarrow AF = \frac{R\sin\alpha}{\sin(180-2\alpha)} = \frac{R\sin\alpha}{\sin 2\alpha} =$

$= \frac{R\sin\alpha}{2\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{R}{2\cos\alpha}$, т.к. $\alpha \to 0 \Rightarrow \cos\alpha \to 1$

$AF = \frac{R}{2} \Rightarrow OF = R - AF = \frac{R}{2} = \frac{g}{2\omega^2}$

искомое

Для ответа:

~~Ответ:~~ $\cancel{\frac{g}{\omega^2} = \frac{10}{2{,}5^2}} =$

$R = \frac{g}{\omega^2} = \frac{10}{2{,}5^2}$

$2{,}5^2 = \left(\frac{5}{2}\right)^2 = \frac{25}{4} \Rightarrow R = 10 : \frac{25}{4} = \frac{40}{25} = \frac{8}{5}$ м

$OF = \frac{8}{2\cdot 5} = \frac{4}{5}$ м

Ответ: 1) $R = \frac{g}{\omega^2} = \frac{8}{5}$ м

2) $OF = \frac{g}{2\omega^2} = \frac{4}{5}$ м

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$W = W_1 - W_2 = -\frac{kQq}{r_1} + \frac{kq^2}{2r_1} - (W_2)$$

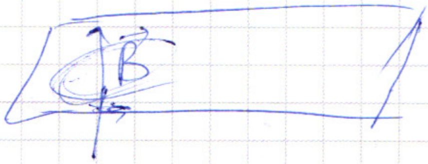
$$W_2 = dq\left(\frac{kQ}{r_1} + \frac{kq}{r_1}\right) =$$

$$= \int_0^{-Q} \frac{kQdq}{r_1} + \frac{kqdq}{r_1}$$

$$W_2 = -\frac{2kQ^2}{2r_1} + \frac{kQ^2}{2r_1} = -\frac{kQ^2}{2r_1}$$

$$\cancel{W = \frac{kQq}{r_1} + \frac{kQ^2}{2r_1} + \frac{kQ^2}{2r_1} = \frac{kQ^2}{r_1} - \frac{kQq}{r_1}}$$

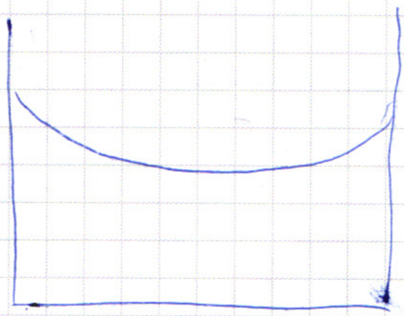
$$W = -\frac{kQq}{r_1} + \frac{kq^2}{2r_1} + \frac{kQ^2}{2r_1}$$



$\mathcal{E} = E\rho$

$kS = E\rho$

$E = \frac{kS}{\rho}$

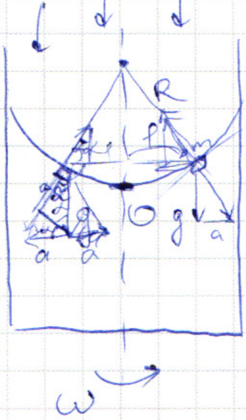


☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



$a = \omega^2 \rho$

~~$\Delta m \omega^2 \rho = \rho g$~~ $\rho a V$

~~$\Delta m \omega^2 \rho =$~~

$\Delta m \omega^2 \rho = \rho g V \cos\alpha$

~~R~~ $\cos\alpha =$

$\cos\alpha = \frac{\rho}{R}$

~~$\Delta m\, a =$~~

~~$\Delta m A$~~ $\Delta m \omega^2 \rho = F\cos\alpha =$

$F = \rho V \cdot (a_{отн}) = \rho V(\sin\alpha\, g + \cos\alpha \cdot a)$

$\Delta m\ \omega^2 \rho = \rho V(\sin\alpha\, g + \omega^2 \rho \cos\alpha)\cos\alpha$

$\omega^2 \rho = \sin\alpha \cdot \cos\alpha\, g + \omega^2 \rho \cos^2\alpha$

$\cos\alpha = \frac{\rho}{R}$ $\quad R\cos\alpha$

$\omega^2 \cdot R\cos\alpha = \sin\alpha \cdot \cos\alpha\, g + \omega^2 \cos^3\alpha \cdot R$

$\alpha = 90^\circ$

~~$0 = 0 + 0$~~

$\Delta m \omega^2 \rho = F\cos\alpha$

$\sin\alpha = \frac{\rho}{R}$

$\rho = \sin\alpha R$

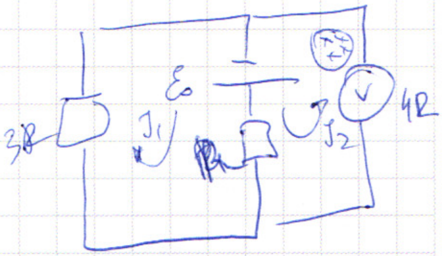
$\Delta m\, \omega^2 \rho$

~~$\Delta m\, \omega^2 R \rho =$~~

$\Delta m\, \omega^2 \cancel{\sin\alpha} R = F\ \cancel{\sin\alpha}$

$\Delta m\, \omega^2 R = F = \rho V \cdot (\cancel{g\sin\alpha}\ g\cos\alpha + \omega^2 \rho \cdot \sin\alpha)$

$\mathcal{E}_0 = 4RJ_1 + RJ_2$



$\mathcal{E}_0 = R(J_1 + J_2) + 3RJ_1$

$\mathcal{E}_0 = R(J_1 + J_2) + 4RJ_2$

$4J_2 = 3J_1$

$J_1 = \frac{4}{3}J_2$

$\mathcal{E}_0 = \frac{4R \cdot 4J_2}{3} + \frac{+3RJ_2}{3}$

$\mathcal{E}_0 = \frac{16RJ_2}{3} + \frac{3RJ_2}{3} = \frac{19RJ_2}{3}$

$U = \frac{4R \cdot 3\mathcal{E}_0}{19R} = \frac{R\mathcal{E}_0}{19}$

$J_2 = \frac{3\mathcal{E}_0}{19R}$

$\omega^2 R = g\cos\alpha + \omega^2 R\sin^2\alpha$

$\omega^2 R(1 - \sin^2\alpha) = g\cos\alpha$

$\omega^2 R\cos^3\alpha = g\cos\alpha$

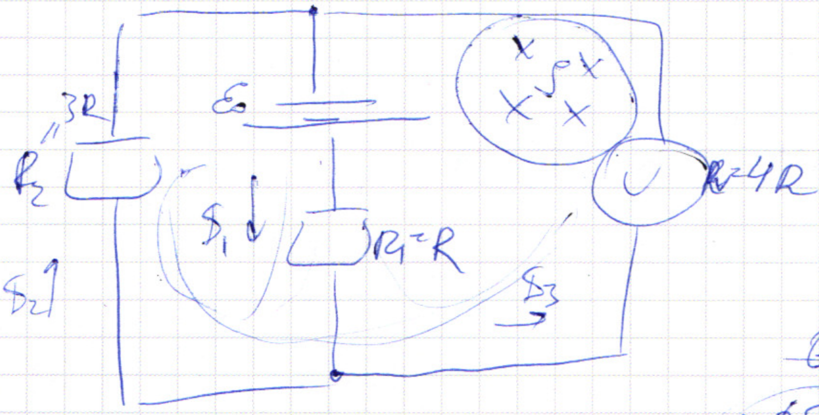
$\alpha \to 0$

$\omega^2 R = g$

$R = \frac{g}{\omega^2}$

$\checkmark$ черновик $\quad \square$ чистовик $\quad$ Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) $\quad$ (Нумеровать только чистовики)



1) $\mathcal{I}_1 = \mathcal{I}_2 + \mathcal{I}_3$

$\mathcal{E}_0 = R\mathcal{I}_1 + 3R\mathcal{I}_2 = V_1$

$\mathcal{E}_0 = R\mathcal{I}_1 + 4R\mathcal{I}_3 = V_1$

~~$0 = 3R\mathcal{I}_2$~~ ~~$0 = 3R\mathcal{I}_2$~~

$3R\mathcal{I}_2 = 4R\mathcal{I}_3 \quad \mathcal{I}_3 = \frac{3\mathcal{I}_2}{4}$

$= \quad \mathcal{E}_0 = R\mathcal{I}_2 + R\mathcal{I}_3 + 3R\mathcal{I}_2$

$W_1 = W_2 + W$

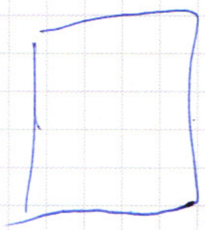
$W = W_1 - W_2$

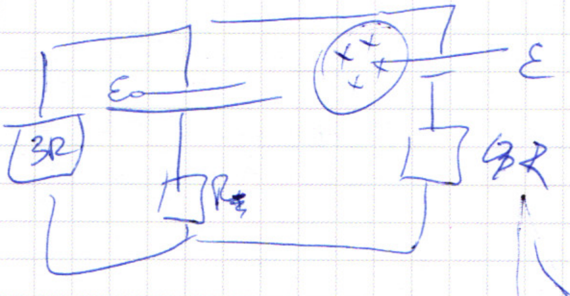
$\mathcal{E}_0 = \frac{16R\mathcal{I}_2}{4} + \frac{3R\cdot\mathcal{I}_2}{4} = \frac{19R\mathcal{I}_2}{4}$

$R\mathcal{I}_2 = \frac{4\mathcal{E}_0}{19} \Rightarrow V_1 = 3R\mathcal{I}_2 = \frac{12\mathcal{E}_0}{19}$

2) $\Phi' = \frac{\Delta B\cdot S}{\Delta t} = kS$

$\mathcal{E} = \Phi' = kS$





~~B_0~~ R

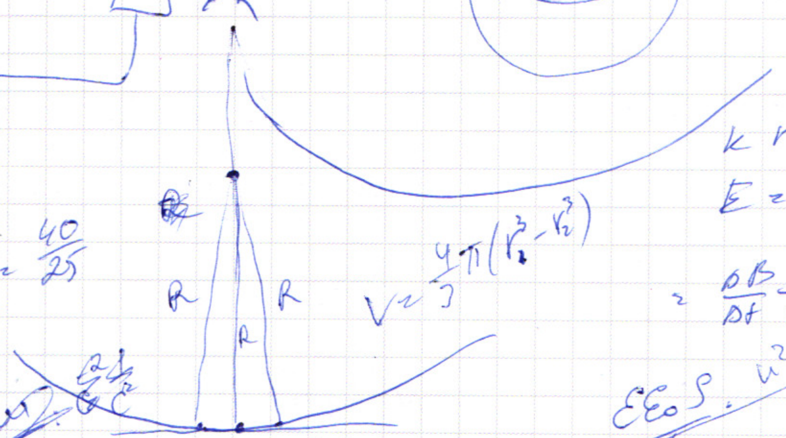
$\frac{\Delta B}{\Delta t}\cdot\pi r^2 =$

$= E\cdot 2\pi r$

$kr = E2$

$E = \frac{kr}{2} =$

$= \frac{\Delta B}{\Delta t}\frac{r}{2}$



$2{,}5 = \frac{5}{2}$

$\frac{25}{4} \quad 10 : \frac{25}{4} = \frac{40}{25}$

$V = \frac{4}{3}\pi(r_2^3 - r_1^3)$

$\frac{10}{2{,}5}$

$\frac{\varepsilon\varepsilon_0 q_1 q_2 \cdot V}{2}$

$\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{2d}\cdot u^2 =$

$= \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{2d}\cdot E^2 d^2 =$

$= \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{2}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

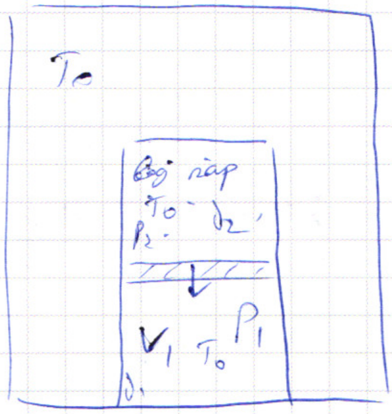
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

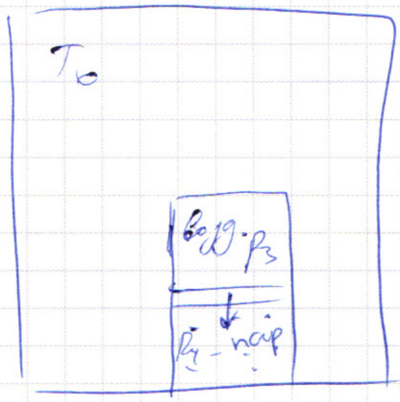
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

② $T_0 = 373$ К





$P_1 V_1 = \nu_1 R T_0$

$P_2 V_{n1} = P_2 (V - V_1) = \nu_2 R T_0 = \frac{m_{n1} R T_0}{\mu}$

$P_1 = P_2 + P_0/6$

$P_n (V - V_1) = \frac{m_{n1} R T_0}{\mu}$
$P_n (V - V_2) = \frac{m_{n2} R T_0}{\mu}$ $\Rightarrow$

$P_3 \cdot V_2 = \nu_1 R T_0$

$P_4 \cdot V_{n2} = P_4 (V - V_2) = \frac{m_{n2}}{\mu} R T_0$

$P_3 + P_0/6 = P_4$

т.к. температура одна и та же $\Rightarrow$
$\Rightarrow$ пар насыщенный $\Rightarrow$

Тогда $\Rightarrow$ $P_4 = P_2 = P_n$

$P_1 = P_n + P_0/6$

$P_3 = P_n - P_0/6$

$$\begin{cases} (P_n + P_0/6) V_1 = \nu_1 R T_0 = \\ (P_n - P_0/6) V_2 = \nu_1 R T_0 \end{cases}$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$p_1 V_1 = \nu R T_0$ $\quad p_1 V_1 = p_3 V_2$

$p_3 V_2 = \nu R T_0$

$(p_n + p_0/6) V_1 = (p_n - p_0/6) V_2$

$p_1 + p_3 = 2p_n$

$p_3 = 2p_n - p_1$

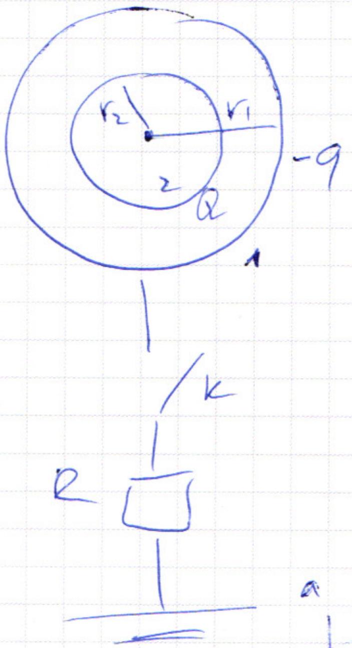
$p_n V_1 + p_0/6\, V_1 = p_n V_2 - p_0 \frac{V_2}{6}$

$p_n (V_2 - V_1) = \frac{\Delta m R T_0}{\mu}$

$\frac{p_0}{6} V_1 + \frac{p_0}{6} V_2 = p_n (V_2 - V_1)$

$\frac{p_0}{6} (V_2 + V_1) = \frac{\Delta m R T_0}{\mu}$

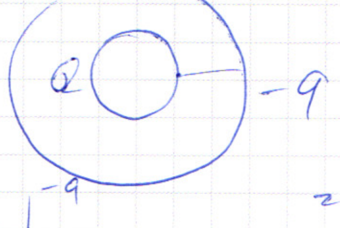
$q > 0$



1) $\varphi_1 = 0 = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq_1}{r_1}$

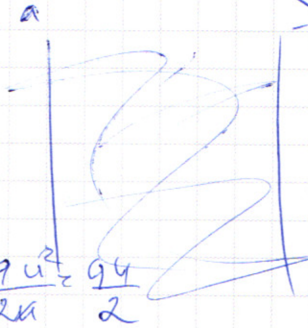
$\frac{kq_1}{r_1} = -\frac{kQ}{r_1} \Rightarrow q_1 = -Q$

2)



~~$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S U^2}{d \cdot 2} =$~~

$= \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{2} \frac{S}{d} U^2$



$k\frac{Q^2}{r}$

$C = \frac{q}{U}$

$\frac{CU^2}{2} = \frac{qU^2}{2U} = \frac{qU}{2}$

k

$A = q_0 U = q_0 E d$

W = работа по перемещению ед. заряда

$\frac{k}{2}\frac{q}{r_1}\left(\frac{q}{2} - 2Q\right)$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_n(V_2 - V_1) = \frac{(m_{n1} - m_{n2}) R T_0}{\mu}$$

$$P_n V_1 + \frac{P_0 V_1}{6} = P_n V_2 - \frac{P_0 V_2}{6}$$

$$\frac{P_0}{6}(V_1 + V_2) = \frac{\Delta m R T_0}{\mu}$$

$$P_n V_1 + \frac{P_0 V_1}{6} = \nu_1 R T_0$$

$$P_n = \frac{\nu_1 R T_0}{V_1} - \frac{P_0}{6}$$

$$P_n V_2 - \frac{P_0 V_2}{6} = \nu_1 R T_0$$

$$\frac{\nu_1 R T_0 V_2}{V_1} - \cancel{\frac{P_0 6}{V_2}} \frac{P_0 V_2}{6} - \frac{P_0 V_2}{6} = \nu_1 R T_0$$

$$\nu_1 R T_0 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right) = \frac{2 P_0 V_2}{6} = \frac{P_0 V_2}{3}$$

$$P_1 V_1 = \nu_1 R T_0 \qquad P_1 V_1 = \nu_1 R T_0 \qquad P_1 V_2 - \frac{P_0 V_2}{3}$$

$$P_3 V_2 = \nu_1 R T_0 \qquad (P_1 - P_0/3) V_2 = \nu_1 R T_0$$

$$P_3 - P_1 = P_n - P_0/6 - P_n - P_0/6 = -2P_0/6 = -P_0/3$$

$$P_3 = P_1 - P_0/3$$

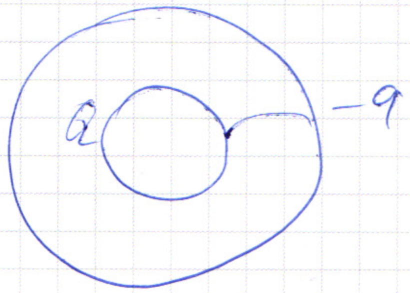
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~5~~ ②

1) $P_1 V_1 = \nu_1 R T_0$

$P_3 V_2 = \nu_2 R T_0$

$P_1 = P_n + P_0/6$

$P_3 = P_n - P_0/6$

$P_n (V - V_1) = \frac{m_{n1}}{\mu} R T_0$

$P_n (V - V_2) = \frac{m_{n2}}{\mu} R T_0$

P_n - у воды при 373 к $= P_0$

$P_1 V_1 = P_3 V_2$

$\left(\frac{6P_0}{6} + P_0/6\right) V_1 = \left(\frac{6P_0}{6} - P_0/6\right) V_2$

$\frac{7P_0}{6} V_1 = \frac{5P_0}{6} V_2$

$7V_1 = 5V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{7V_1}{5}$

$\frac{kQ}{2r} dq + \frac{kq\,dq}{2r}$

$\frac{2kQ^2}{2r} + \frac{kQ^2}{2r}$

$\frac{3kQ^2}{2r}$

2) $\cancel{P_n V} - P_n V_1 - \cancel{P_n V} + P_n V_2 = \frac{\Delta m R T_0}{\mu}$

$P_0 (V_2 - V_1) = \frac{\Delta m R T_0}{\mu}$

$P_0 \left(\frac{7V_1}{5} - \frac{5V_1}{5}\right) = \frac{\Delta m R T_0}{\mu}$

$\frac{2V_1 P_0}{5} = \frac{\Delta m R T_0}{\mu} \Rightarrow$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$$\Delta m = \frac{2V_1 P_0 M}{5 \cdot RT_0}$$

3) $$\Delta U = \Delta m L = \frac{2V_1 P_0 M}{5RT_0} L$$

③

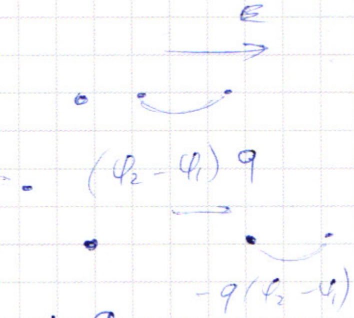
~~$dA = E \, d r$~~

$\frac{qU}{2}$ $\quad U = Ed = \frac{q}{2\varepsilon_0 S} d$

$$\frac{qU}{2} = \frac{q^2 \cdot d}{2\varepsilon_0 S}$$

~~$W = \frac{kQ}{}$~~

$$\cancel{\frac{q^2 d}{2\varepsilon_0 S}}$$



$(\varphi_2 - \varphi_1) q$

$-q(\varphi_2 - \varphi_1)$

$$dA = dq \cdot \Delta\varphi \qquad \Delta\varphi = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq}{r_1}$$

~~$dA = dq \cdot \frac{kQ}{r_1}$~~ $\qquad dA = dq\left(\frac{kQ}{r_1} + \frac{kq}{r_1}\right) = \frac{kQ\,dq}{r_1} + \frac{kq\,dq}{r_1}$

~~$A = \frac{kQ\,q}{r_1}$~~

$$W_1 = -\frac{kQq}{r_1} - \frac{kq^2}{2r_1} \qquad A = -\frac{kQq}{r_1} + \frac{kq^2}{2r_1}$$

$$\frac{kQq}{2r_1}$$

~~$\frac{2kq\,dq}{r_1}$~~ $\quad \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq}{r_1}$

~~kq~~ ~~$\frac{kQq}{r_1}$~~

$$A = \int_0^q \left(\frac{kQ\,dq}{r_1} + \frac{kq\,dq}{r_1}\right) = \frac{kQ \cdot Q}{r_1} + \frac{kQ^2}{2r_1} = \frac{3}{2}\frac{kQ^2}{r_1}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

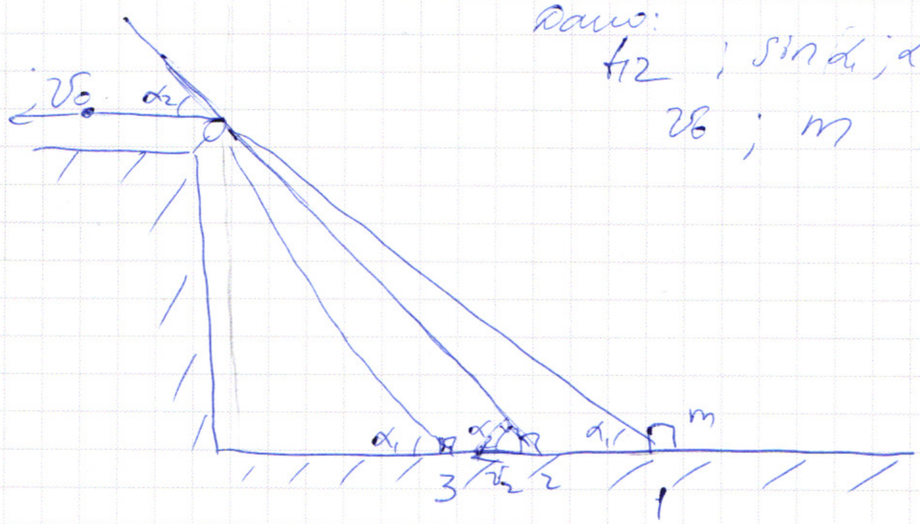
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1



Дано:
h_2 ; $\sin\alpha_1$; α_2 ; α_3
v_0 ; m

1) ~~$v_2 \cos\alpha_2 = v_0 \cos\alpha_2 \Rightarrow v_2 = v_0$~~

$v_2 \cos\alpha_2 = v_0 \Rightarrow v_2 = \frac{v_0}{\cos\alpha_2}$

$\cos\alpha_2 = \sqrt{1-\sin^2\alpha_2} = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \sqrt{\frac{16-9}{16}} =$

$= \frac{\sqrt{7}}{4}$

$v_2 = v_0 : \frac{\sqrt{7}}{4} = \frac{4v_0}{\sqrt{7}}$

2) $\frac{mv_2^2}{2} + A_{23} = \frac{mv_3^2}{2}$ $\quad \cos^2\alpha_3 = 1-\sin^2\alpha_3$

$v_0 = v_3 \cos\alpha_3 \Rightarrow v_3 = \frac{v_0}{\cos\alpha_3}$

$\frac{m}{2} \cdot \frac{v_0^2}{\cos^2\alpha_2} + A_{23} = \frac{m}{2} \cdot \frac{v_0^2}{\cos^2\alpha_3}$

$A_{23} = \cancel{\frac{m}{2}\left(\frac{v_0^2}{\cos^2\alpha_3}\right.} \quad \frac{mv_0^2}{2}\left(\frac{1}{\cos^2\alpha_3} - \frac{1}{\cos^2\alpha_2}\right)$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$A_{23} = \frac{mv_0^2}{2}\left(\frac{1}{1-\sin^2\alpha_3} - \frac{1}{1-\sin^2\alpha_2}\right) = \frac{mv_0^2}{2}\left(\frac{1}{1-\frac{16}{25}} - \frac{1}{1-\frac{9}{16}}\right) =$$

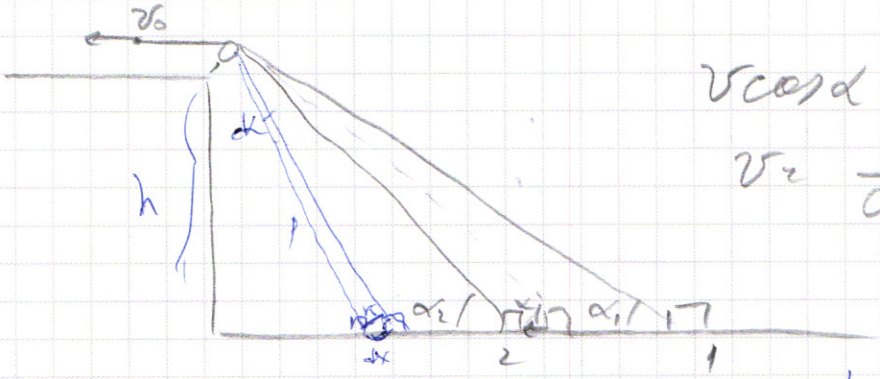
$$= \frac{mv_0^2}{2}\left(\frac{1}{\frac{25-16}{25}} - \frac{1}{\frac{16-9}{16}}\right) = \frac{mv_0^2}{2}\left(\frac{25}{9} - \frac{16}{7}\right) =$$

63

$$= \frac{mv_0^2}{2}\left(\frac{175-144}{63}\right) = \frac{mv_0^2}{2}\cdot\frac{31}{63} =$$

$$25 \times 7 = 175 \qquad 16 \times 9 = 144 \qquad 175 - 144 = 31 \qquad = \frac{31mv_0^2}{126}$$

3)



$$v\cos\alpha = v_0$$

$$v = \frac{v_0}{\cos\alpha}$$

$$dx = v\,dt$$

$$dx = \frac{v_0}{\cos\alpha}dt$$

$$\sin\alpha = \frac{r}{dx} \qquad dx = \frac{r}{\sin\alpha}$$

$$d\alpha = \frac{r}{\rho} \qquad \sin\alpha = \frac{h}{\rho} \Rightarrow \rho = \frac{h}{\sin\alpha}$$

$$r = \rho\,d\alpha$$

$$dx = \frac{r}{\sin\alpha} = \frac{\rho\,d\alpha}{\sin\alpha} = \frac{h\,d\alpha}{\sin^2\alpha}$$

?

$$\frac{h\cdot d\alpha}{\sin^2\alpha} = \frac{v_0}{\cos\alpha}dt \qquad \frac{h\cos\alpha\,d\alpha}{\sin^2\alpha} = v_0\,dt$$

$$\int_{\alpha_1}^{\alpha_2}\frac{h\cos\alpha\,d\alpha}{\sin^2\alpha} = \int_0^{t_{12}} v_0\,dt$$

... $\sin\alpha - \cos\alpha$ ...

$$\left(\frac{g(x)}{f(x)}\right)' = \frac{g'(x)f(x) - f'(x)g(x)}{f^2(x)}$$

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

$$\frac{\quad}{\sin\alpha}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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