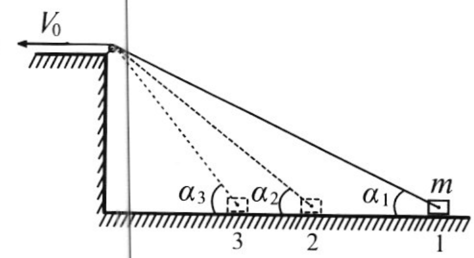
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-05

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 $\sin\alpha_1 = \frac{1}{3}, \sin\alpha_2 = \frac{1}{2}, \sin\alpha_3 = \frac{3}{4}$. От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время t_{12}.

1) Найти скорость V_1 груза при прохождении точки 1.

2) Найти работу лебедки A_{12} при перемещении груза из точки 1 в точку 2.

3) Найти время t_{23} перемещения груза из точки 2 в точку 3.

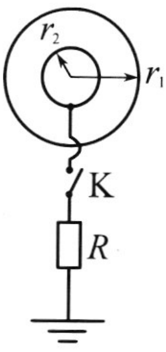
2. Цилиндрический сосуд, стоящий на горизонтальном столике, помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура T_0 =373 K. Стенки сосуда проводят тепло. Сосуд разделен на две части подвижным (нет трения при перемещении) поршнем. В нижней части находится воздух объемом V_1, в верхней - водяной пар и немного воды. Содержимое сосуда в равновесии. Поршень своим весом создает добавочное давление $P_0/5$, 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.

2) Найти изменение массы Δm воды.

3) Найти изменение внутренней энергии содержимого сосуда.

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.



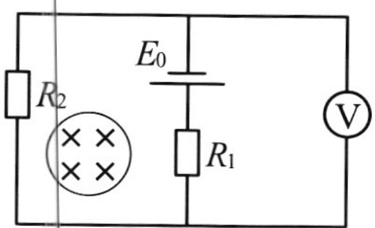
3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами r_1 и r_2 образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится положительный заряд Q, внутренний шар не заряжен и соединен с Землей через ключ К и резистор R. Ключ замыкают.

1) Найти заряд q внутреннего шара после замыкания ключа.

2) Найти энергию W_0 электрического поля вне шаров до замыкания ключа.

3) Какое количество теплоты W выделится в резисторе R после замыкания ключа?

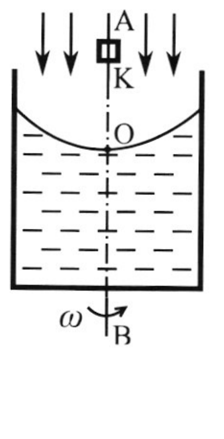
Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.



4. В проволочную конструкцию впаяны резисторы с сопротивлениями $R_1 = R$, $R_2 = 2R$, идеальный источник с ЭДС E_0, вольтметр с сопротивлением $R_V = 3R$ (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 = 10/3 с$^{-1}$ вокруг вертикальной оси АВ, 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 О.

2) На каком расстоянии от точки О 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

Задача 1

Дано

v_0

$\sin\alpha_1 = \frac{1}{3}$

$\sin\alpha_2 = \frac{1}{2}$

$\sin\alpha_3 = \frac{3}{4}$

m

t_{12}

1) v_1 – ?

2) A_{12} – ?

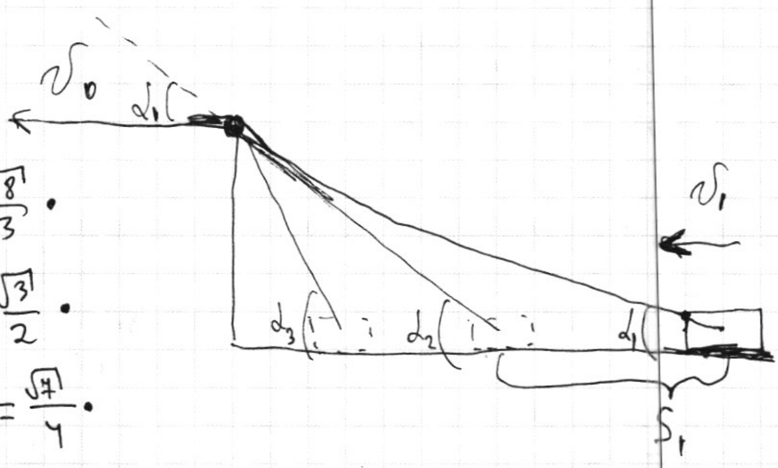
3) t_{23} – ?

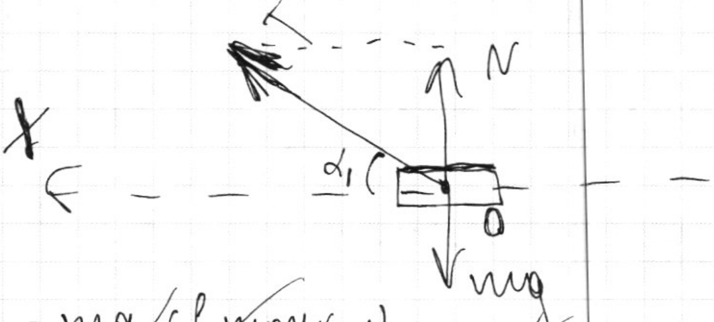
$\cos\alpha_1 = \frac{\sqrt{8}}{3}$

$\cos\alpha_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\cos\alpha_3 = \frac{\sqrt{7}}{4}$

Решение





~~(1) Ox: $T\cos\alpha_1 = ma_1$ (в точке 1)~~

~~т.к. проекция натяжения нити на ось Ox меняется; движ-е не равноускоренное~~

~~Oy: $mg = T\sin\alpha_1$; $T = \frac{mg}{\sin\alpha_1}$ => подставим в 1:~~

~~$\frac{mg}{\sin\alpha_1}\cdot\cos\alpha_1 = ma_1 \Rightarrow a_1 = g\cdot ctg\,\alpha_1$~~

• проекции скоростей на нить должны быть равными:

~~$v_1\cos\alpha_1 = v_0\cos\alpha_1 \Rightarrow \boxed{v_1 = v_0}$~~ $v_1\cdot\cos\alpha_1 = v_0 \Rightarrow v_1 = \frac{v_0}{\cos\alpha_1}$

• $A_{12} = F_{12}\cdot S_1\cdot\cos\alpha(x)$; v_2 – скорость груза массой m в точке 2

• проекция скорости v_2 и v_0 на нить должны быть равны:

$v_0 = v_2 \cdot \cos\alpha_2 \Rightarrow v_2 = \frac{v_0}{\cos\alpha_2}$; $\sin\alpha_1 = \frac{1}{3} \Rightarrow \cos\alpha_1 = \sqrt{\frac{9}{9} - \frac{1}{9}} =$

$= \sqrt{\frac{8}{9}} = \frac{\sqrt{8}}{3} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$; $\cos\alpha_2 = \sqrt{\frac{4}{4} - \frac{1}{4}} = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

• $v_1 = \frac{v_0}{\cos\alpha_1} = \frac{v_0 \cdot 3}{2\sqrt{2}} = \frac{3 v_0 \sqrt{2}}{2 \cdot 2} = \frac{3 v_0 \sqrt{2}}{4}$; $\frac{\cos\alpha_2}{\cos\alpha_1} = \frac{\sqrt{3}}{2 \cdot 2\sqrt{2}} \cdot 3 =$

• $v_2 = \frac{v_0}{\cos\alpha_2} = \frac{v_0 \cdot 2}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3} v_0}{3}$ $= \frac{3\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}$

• Закон об изменении кинетической энергии:

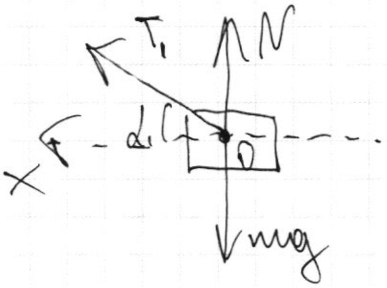
$A_{12} = E_{k_2} - E_{k_1} = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} = \frac{m}{2}\left(\frac{4 v_0^2}{3} - \frac{9 v_0^2}{8}\right) =$

$= \frac{m}{2}\left(\frac{32 v_0^2 - 27 v_0^2}{24}\right) = \frac{m}{2} \cdot \frac{5 v_0^2}{24} = \frac{5 m v_0^2}{48}$

• $\Delta S_{12} = v_0 \cdot \Delta t_{12} + \frac{\Delta a_{12} \cdot \Delta t_{12}^2}{2}$; $\sin\alpha_2 = \frac{H}{x_1}$; $\sin\alpha_1 = \frac{H}{x_2}$

2 3. Н. для груза m: $x_2 = \frac{H}{\sin\alpha_1}$; $x_1 = \frac{H}{\sin\alpha_2}$

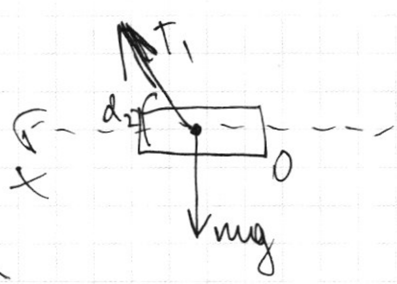
(.) 1: (.) 2:



Ox: $T_1 \cdot \cos\alpha_1 = m a_1$

$T_1 \cos\alpha_2 = m a_2$

$a_2 = \frac{a_1 \cos\alpha_2}{\cos\alpha_1}$



Ox: $T_1 \cdot \cos\alpha_2 = m a_2$

• участок 1–2: $\sum \Delta S_{12} = S_{12} = x_2 - x_1 = \frac{H}{\sin\alpha_1} - \frac{H}{\sin\alpha_2}$

~~рассмотрим участок~~ ~~1–2:~~ $\cancel{H\left(\frac{1}{\sin\alpha_1} - \frac{1}{\sin\alpha_2}\right) = v_0 t_{12} + \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \frac{t_{12}^2}{2}}$

v_3 – скорость груза в точке 3: $v_3 \cdot \cos\alpha_3 = v_0 \Rightarrow v_3 = \frac{v_0}{\cos\alpha_3}$

продолжение на странице N8.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

Дано

$T_0 = 373 K$

V_1

$P_a = \frac{P_0}{5}$

L

μ

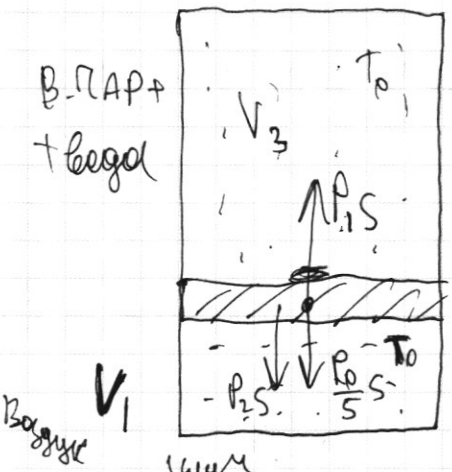
1) V_2 – ?

2) Δm – ?

3) ΔU – ?

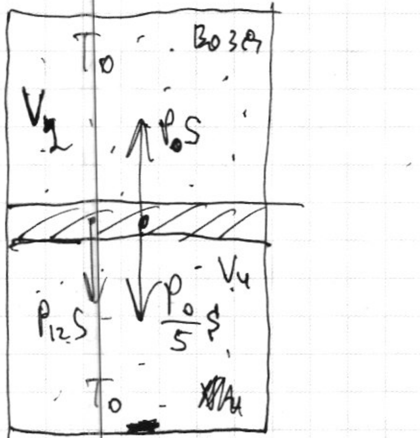
Решение

①



1 случ

②



2 случ

2 з. Н:

$P_1 \cancel{S} = P_2 \cancel{S} + \frac{P_0}{5} \cancel{S}$

$P_1 = P_2 + \frac{P_0}{5}$

т.к. в верхней части сосуда находится водяной пар и вода, что $\varphi_1 = 100\%$ (влажность в этой части сосуда)

при $T = T_0 = 373 K$ и $\varphi_1 = 100\%$, $P_2 = P_0$ (атм. давл), тогда

$P_1 = P_0 + \frac{P_0}{5} = \frac{6P_0}{5}$.

• для пара: $P_2 \cdot V_3 = \frac{m_{пара}}{\mu} R T_0$

• 2 з. Н: ; P_{12} – давление воздуха

$\frac{P_0}{5} \cancel{S} + P_{12} \cancel{S} = P_0 \cancel{S}$

• $P_{12} = P_0 - \frac{P_0}{5} = \frac{4P_0}{5}$.

для воздуха:

А) • $P_{12} \cdot V_2 = \nu_1 R T_0$ (во 2 случае)

Б) • $P_1 \cdot V_1 = \nu_1 R T_0$ (в первом случае)

разделим выражения: (А)/(Б):

$\frac{P_{12}}{P_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = 1 \Rightarrow \frac{4 \cancel{P_0} \cdot \cancel{5}}{\cancel{5} \cdot 6 \cancel{P_0}} \cdot \frac{V_2}{V_1} = 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{4}{6} \frac{V_2}{V_1} = 1 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{V_2 = \frac{3}{2} V_1}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

$P_2 V_3 = \frac{m_{пара1}}{\mu} R T_0$ (1кипн, пар) ; ~~$P_0 \cdot V_2 = \frac{m_{пара2}}{\mu} R T_0$ (3)~~

(4) $P_0 V_3 = \frac{m_{пара1}}{\mu} R T_0$; $V_3 = V - V_1$; $V_4 = V - V_2$

(3) $P_0 \cdot V_4 = \frac{m_{п2}}{\mu} R T_0$; $P_0 (V - V_1) \overset{Г}{=} \frac{m_{пара1}}{\mu} R T_0$; $P_0 (V - V_2) \overset{Д}{=} \frac{m_{п2}}{\mu} R T_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow P_0 \left(V - \frac{3}{2} V_1\right) = \frac{m_{п2}}{\mu} R T_0 \Rightarrow$ вычтем из (Г) (Д):

$$\begin{aligned} &P_0 (V - V_1) = \frac{m_{пара1}}{\mu} R T_0 \\ -\ &P_0 \left(V - \frac{3}{2} V_1\right) = \frac{m_{п2}}{\mu} R T_0 \end{aligned} \Rightarrow -\frac{2 P_0 V_1}{2} + P_0 \cdot \frac{3}{2} V_1 = \frac{m_{пара1}}{\mu} R T_0 - \frac{m_{п2}}{\mu} R T_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_0 V_1}{2} = \frac{R T_0}{\mu} m_{пара1} - \frac{R T_0}{\mu} m_{п2} \Rightarrow \left(m_{пара1} - m_{п2}\right) \frac{R T_0}{\mu} = \frac{P_0 V_1}{2}$$

$$\boxed{\Delta m = m_{пара1} - m_{п2} = \frac{P_0 V_1 \mu}{2 \cdot R T_0}} ;$$

• для воды + пара процесс 1 – 2 шёл с постоянным давлением $\Rightarrow A_{1п} = -P_0 \cdot (V_2 - V_1) = -P_0 \cdot \frac{1}{2} V_1$; $\Delta U_{12п} = 0$

• для ~~возд~~ воды + пара: $Q_{12} = \Delta U_{12п} + A_{1п} = -\frac{P_0 V_1}{2}$, т.е к сосуду подвели теплоту $-\frac{P_0 V_1}{2}$;

• ~~для системы:~~ • для воздуха : $Q_{2г} = \overset{=0}{\Delta U_{23}} + A_{гп}$

$Q_L = \Delta m \cdot L$; ~~при подведении теплоты часть идёт на парообразование~~ $\Delta U_{системы} = Q_L - A_{газа} = Q_L - A_{1п}$

$\Delta U_{системы} = -\Delta m \cdot L - \left(-\frac{P_0 V_1}{2}\right) = -\Delta m \cdot L + \frac{P_0 V_1}{2} =$

$$= -\frac{L P_0 V_1 \mu}{2 R T_0} + \frac{P_0 V_1}{2} = \frac{P_0 V_1}{2}\left(1 - \frac{L \mu}{R T_0}\right);$$

Ответ: 1) $V_2 = \frac{3}{2} V_1$; 2) $\Delta m = \frac{P_0 V_1 \mu}{2 R T_0}$; 3) $\Delta U_{системы} = \frac{P_0 V_1}{2}\left(1 - \frac{L \mu}{R T_0}\right)$

☐ 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

Задача 3

Дано:

r_1

r_2

Q

R

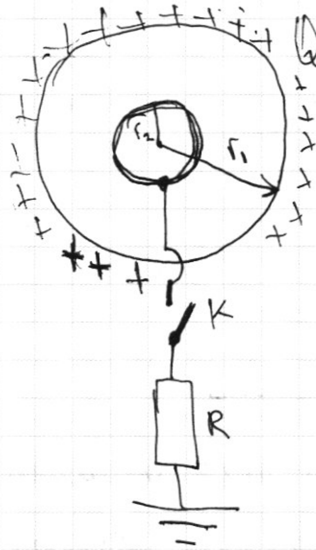
1) q - ?

2) W_0 - ?

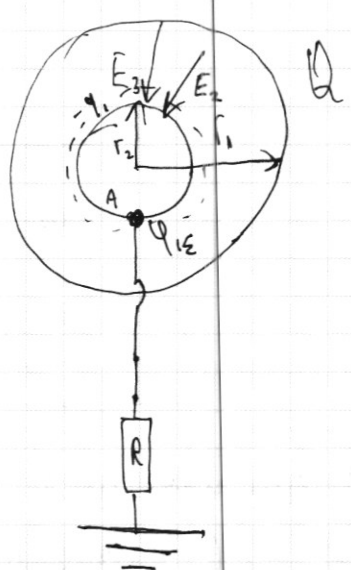
3) W - ?

Решение

до замык.



после замыкания



$\varphi_{1\Sigma}$ — суммарный потенциал (·) A: $\varphi_{1\Sigma} = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{kq_1}{r_2} + \frac{kQ}{r_1}$

$\varphi_{1\Sigma} = 0 \Rightarrow \frac{kq_1}{r_2} + \frac{kQ}{r_1} = 0 \Rightarrow \frac{kq_1}{r_2} = -\frac{kQ}{r_1} \Rightarrow q_1 = -\frac{Qr_2}{r_1}$

- $W_0 = w \cdot V_0 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E_\Sigma^2}{2} \cdot V$; $E_\Sigma = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S_1}$, где $S_1 = 4\pi r_1^2$

$V = \frac{4}{3}\pi r_1^3 \Rightarrow W_0 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{2} \cdot \frac{Q^2}{4\varepsilon_0^2 \cdot S_1^2} \cdot \frac{4}{3}\pi r_1^3 = \frac{Q^2}{2 \cdot 8\varepsilon_0 \cdot 16\pi^2 r_1^4} \cdot \frac{4}{3}\pi r_1^3 =$

$= \frac{Q^2}{6\varepsilon_0 \cdot 16\pi r_1} = \frac{Q^2}{96\varepsilon_0 \pi r_1}$

- $A_{ист} = \Delta W + Q$; $A_{ист} = 0 \Rightarrow Q = -\Delta W = W_{нач} - W_к$

$\cancel{W_к =}$ $E_{\Sigma_2} = E_2 + E_3 = \frac{kq_1}{r_1^2} + \frac{kQ}{r_2^2} \Rightarrow W_к = \frac{\varepsilon_0 \cdot E_{\Sigma_2}^2}{2} \cdot \frac{4}{3}\pi(r_1^3 - r_2^3) +$

$+ E_{\Sigma_3}^2 \cdot \frac{\varepsilon_0}{2} r_2^3 \cdot \frac{4}{3}\pi$; $\cancel{E_{\Sigma_3} = E_2 - |E_1| = +\frac{kq_1}{r_1^2} + \frac{kQ}{r_2^2} \cdot \frac{k}{r_1} \cdot \frac{Qr_2}{r_1} + \frac{kQ}{r_2^2}}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

(Нумеровать только чистовики)

~~$Q = \frac{Q^2}{96\varepsilon_0\pi r_1} - \frac{4}{3}\pi\frac{\varepsilon_0}{2}(r_1^3 - r_2^3)\cdot\left(\frac{kQ}{r_2^2}+\frac{k}{r_1^2}\cdot\frac{Qr_2}{r_1}\right)^2 + \frac{4}{3}\frac{\varepsilon_0}{2}\pi r_2^3 \cdot \left(\frac{kQr_2}{r_1^3}+\frac{kQ}{r_2^2}\right)^2$~~

Ответ: 1) $\varphi_1 = -\frac{Qr_2}{r_1}$; 2) $W_0 = \frac{Q^2}{96\varepsilon_0\pi}$

Задача 4.

Дано

$R_1 = R$

$R_2 = 2R$

$\varepsilon_0 = E_0$

$R_V = 3R$

k

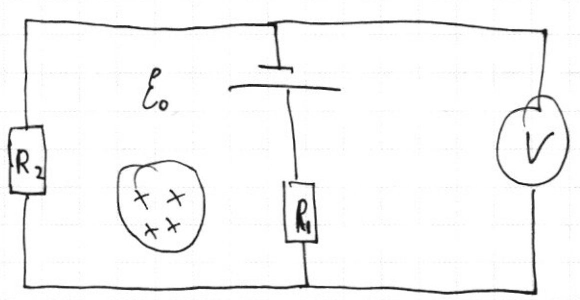
S

1) φ_1 – ?

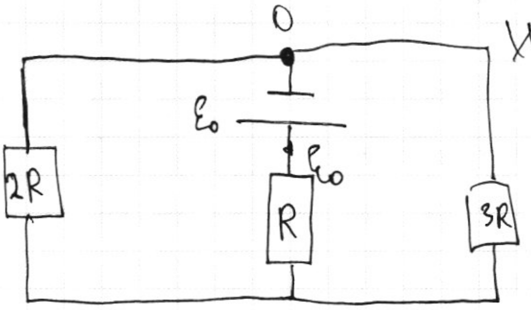
2) U_2 – ?

Решение

$\varepsilon_0 = E_0$

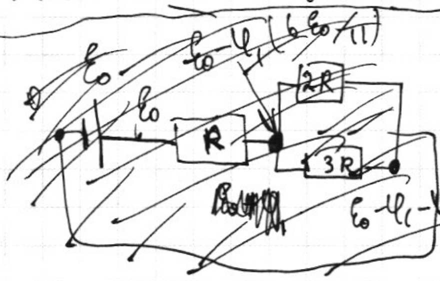


1) Если индукция магнитного поля остается постоянной, то ЭДС индукции не возникает, тогда:



~~Используем метод узловых потенциалов~~

Используем метод узловых потенциалов



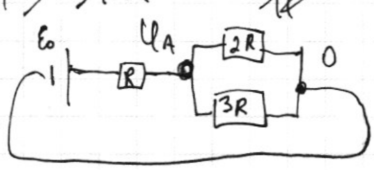
|| соединение ~~резисторов~~ 2R и 3R:

$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{3R} = \frac{5}{6R} \Rightarrow R_{2,3} = \frac{6R}{5}$

$R_{цепи} = R + R_{2,3} = \frac{11R}{5} \Rightarrow I_{общ} = \frac{\varepsilon_0 \cdot 5}{11R}$; ~~$\varepsilon_0 - \varphi_1 = \varepsilon_0 - I_{общ}R$~~

~~$\varphi_1 = \varepsilon_0 - \varphi_1 - \varepsilon_0 + \varphi_1 + \varphi_2$; $\varepsilon_0 - \varphi_1 = \frac{11\varepsilon_0}{11} - \frac{\varepsilon_0 \cdot 5}{11R}\cdot R = \frac{6\varepsilon_0}{11}$~~

~~$\varepsilon_0 - \varphi_1 - \varphi_2 =$~~



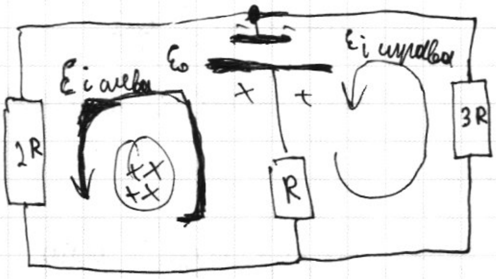
$\varphi_A = I_{общ}\cdot\frac{6R}{5} = \frac{5\varepsilon_0}{11R}\cdot\frac{6R}{5} = \frac{6\varepsilon_0}{11} = \frac{6E_0}{11}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

продолжение задачи 4.

$$U_1 = \varphi_A - 0 = \frac{6\mathcal{E}_0}{11} = \frac{6E_0}{11}$$

2) если магнитное поле начнет изменяться, то будет возникать ЭДС индукции



при возрастании индукции м-поля будет возникать вихревое эл. поле, направленное против часовой стрелки

• в левом контуре: $\mathcal{E}_{i\,слева} - \mathcal{E}_0 = -U_R + U_{2R}$

$\mathcal{E}_{i\,слева} = -U_R + \mathcal{E}_0 + U_{2R}$ (1)

$\mathcal{E}_{i\,слева} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B S}{\Delta t} = kS$; $\mathcal{E}_{i\,справа} = 0 = -\mathcal{E}_0 + U_R + U_{3R}$ (2)

$U_{3R} = U_{2R}$ => сложим (1) и (2): $kS = 2U_{3R}$ => $U_{3R} = \frac{kS}{2}$

$U_{3R} = U_2 = \frac{kS}{2}$

Ответ: 1) $U_1 = \frac{6\mathcal{E}_0}{11} = \frac{6E_0}{11}$; 2) $U_2 = \frac{kS}{2}$

Задача 5.

Дано

$w = \frac{10}{3} c^{-1}$

$g = 10 \frac{м}{c^2}$

1) R_0 - ?

2) x - ?

Решение

$w = 2\pi\nu$

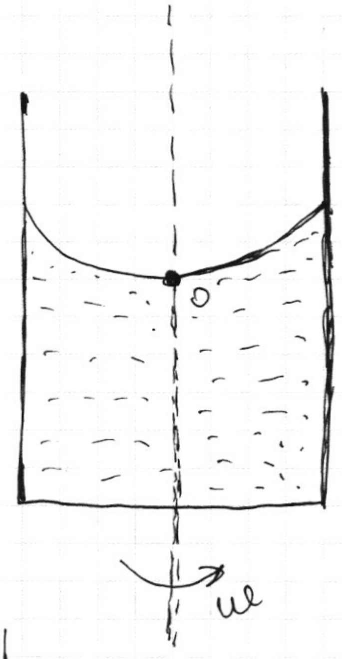
~~$w = 2\pi\nu$~~

$v = wR$

продолжение след. стр.

$v = \omega R$; $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$

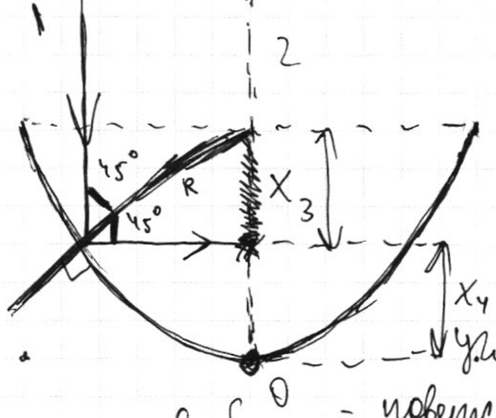
$v = \frac{2\pi R}{T}$



• $a_y = \omega^2 R$; $a_y = g \Rightarrow g = \omega^2 R \Rightarrow$

$\Rightarrow R = \frac{g}{\omega^2} = \frac{10\,\frac{м}{с^2}}{\left(\frac{10}{3}с^{-1}\right)^2} = \frac{10\,\frac{м}{с^2}}{\frac{100}{9}(с^{-1})^2} = \frac{9}{10}м =$

$= 0{,}9м$



• произвольно пустим 2 луча; луч 2 — луч, идущий до точки O и отражающийся обратно; луч 1 — луч, пущенный под углом 45° к перпендикуляру к свободной поверхности жидкости

• $x_3 = R \cdot \sin 45° = R \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow x_4 = R - x_3 = R - \frac{\sqrt{2}}{2}R =$

$= R\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \approx \frac{9}{10}(1 - 0{,}7)м \approx \frac{9}{10} \cdot \frac{3}{10}м \approx \frac{27}{100}м \approx 0{,}27м$

Ответ: 1) $R = \frac{g}{\omega^2} = 0{,}9м$; 2) $x_4 = 0{,}27м$

продолжение задачи 1

$v_3 = \frac{v_0}{\cos\alpha_3}$; $v_2 = \frac{v_0}{\cos\alpha_2}$; $v_1 = \frac{v_0}{\cos\alpha_1}$; $\frac{S_{23}}{S_{12}} = \frac{\frac{1}{\sin\alpha_2} - \frac{1}{\sin\alpha_3}}{\frac{1}{\sin\alpha_1} - \frac{1}{\sin\alpha_2}} =$

$S_{12} = H\left(\frac{1}{\sin\alpha_1} - \frac{1}{\sin\alpha_2}\right)$

$S_{23} = H\left(\frac{1}{\sin\alpha_2} - \frac{1}{\sin\alpha_3}\right)$

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

$$v_A=\frac{v_1+v_2}{2}=\frac{\frac{v_0}{\cos\alpha_1}+\frac{v_0}{\cos\alpha_2}}{2}=\cancel{\frac{3v_0}{2\sqrt{8}}+\frac{2v_0}{2\sqrt{3}}}\frac{\frac{3v_0}{\sqrt{8}}^{\sqrt{3}}+\frac{2v_0}{\sqrt{3}}^{\sqrt{8}}}{2}=\frac{3\sqrt{3}v_0+2\sqrt{8}v_0}{2\cdot\sqrt{24}}$$

$$v_B=\frac{v_3+v_2}{2}=\frac{\frac{v_0\cdot 4}{\sqrt{7}}^{\sqrt{3}}+\frac{2v_0}{\sqrt{3}}^{\sqrt{7}}}{2}=\frac{4\sqrt{3}v_0+2\sqrt{7}v_0}{2\cdot\sqrt{21}}$$

$$\frac{v_A}{v_B}=\frac{\cancel{v_0}(3\sqrt{3}+2\sqrt{8})}{\cancel{2}\cdot\sqrt{24}}\cdot\frac{\cancel{2}\sqrt{21}}{\cancel{v_0}(4\sqrt{3}+2\sqrt{7})}=\frac{3\sqrt{3}\cdot\sqrt{7}\cdot\sqrt{3}+2\sqrt{8}\cdot\sqrt{7}\cdot\sqrt{3}}{\sqrt{3}\sqrt{8}\cdot 4\sqrt{3}+\sqrt{8}\sqrt{3}\cdot 2\sqrt{7}}=$$

$$=\frac{3\sqrt{21}+2\sqrt{56}}{4\sqrt{24}+2\sqrt{56}};\quad \frac{t_A}{t_B}=\frac{S_{12}}{S_{23}}\cdot\frac{v_B}{v_A}=\frac{3}{2}\cdot\left(\frac{4\cdot\sqrt{24}+2\sqrt{56}}{3\sqrt{21}+2\sqrt{56}}\right)=$$

$$\frac{t_{12}}{t_{23}}\Rightarrow t_{23}=\frac{2t_{12}}{3\left(\frac{4\sqrt{24}+2\sqrt{56}}{3\sqrt{21}+2\sqrt{56}}\right)}$$

Ответ: 1) $v_1=\frac{v_0}{\cos\alpha_1}=\frac{3v_0}{\sqrt{8}}$

2) $A_{12}=\frac{5mv_0^2}{48}$

3) $t_{23}=\frac{2t_{12}}{3\left(\frac{4\sqrt{24}+2\sqrt{56}}{3\sqrt{21}+2\sqrt{56}}\right)}$

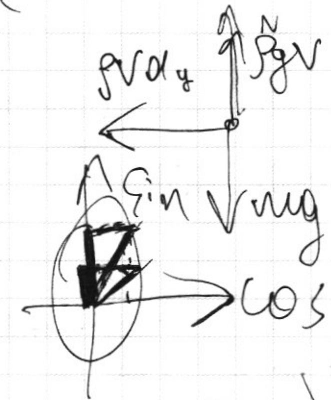
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

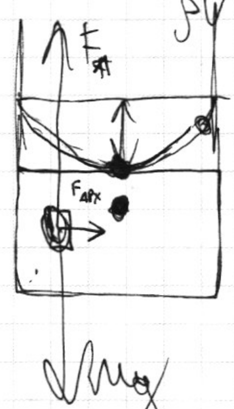
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

H(



$\rho V a_y = m a_y$

$\rho V \omega$



mg ? $\omega = 2\pi\nu$

$\nu = \frac{\omega}{2\pi}$

$\nu = \frac{1}{T}$

ω, ν, T

$\omega = 2\pi\nu$

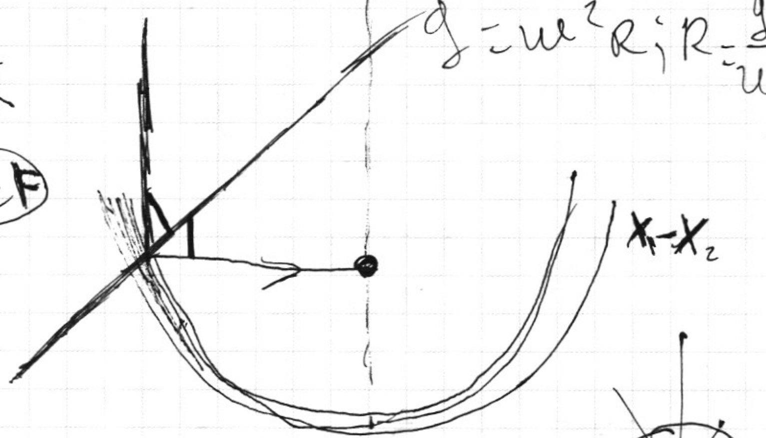
$\omega = \frac{2\pi}{T}$

$\rho V a = \rho V \omega^2 R$

$a = \omega^2 R$

$\frac{L}{F} = \frac{\quad}{R}$

$R = F$



$g = \omega^2 R; R = \frac{g}{\omega^2} = \frac{10 \cdot 9}{100 \cdot 10} = \frac{9}{10}$

$x_1 - x_2$

$\sin(\alpha_1 - \alpha_2$

$\sin(\alpha_2 - \alpha_1) = \sin\alpha_2 \cos\alpha_1 - \cos\alpha_2 \sin\alpha_1 =$

$= \frac{1}{2}\frac{\sqrt{8}}{3} - \frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{3}\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{8}}{6} - \frac{\sqrt{3}}{6} = \frac{2\sqrt{2} - \sqrt{3}}{6}$

$\cos\alpha_1 = \sqrt{\frac{9-1}{9}} = \frac{\sqrt{8}}{3}$

$\sin(\alpha_3 - \alpha_2) = \frac{1}{3}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\cdot\frac{\sqrt{7}}{4} = \frac{4\sqrt{3} - 3\sqrt{7}}{24}$

$\cos\alpha_2 =$

$\cos\alpha_3 = \sqrt{\frac{16}{16} - \frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$

$v_3 \cos\alpha_3 = v_0$ $\quad v_3 = \frac{v_0}{\cos\alpha_3}$ $\quad H\left(\frac{1}{\sin\alpha_1} - \frac{1}{\sin\alpha_2}\right)$ $\quad H\left(\frac{1}{\sin\alpha_2} - \frac{1}{\sin\alpha_3}\right)$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)