

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

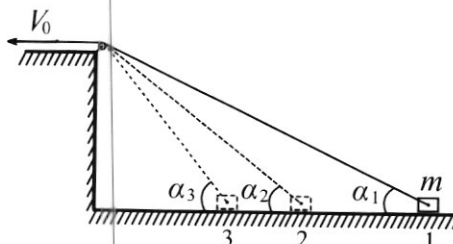
Класс 11

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} .



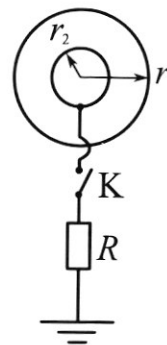
- 1) Найти скорость V_1 груза при прохождении точки 1.
- 2) Найти работу лебедки A_{12} при перемещении груза из точки 1 в точку 2.
- 3) Найти время t_{23} перемещения груза из точки 2 в точку 3.

2. Цилиндрический сосуд, стоящий на горизонтальном столике, помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура $T_0 = 373 \text{ K}$. 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.

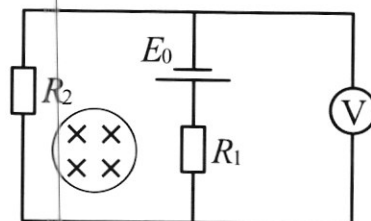
3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами r_1 и r_2 образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится положительный заряд Q , внутренний шар не заряжен и соединен с Землей через ключ K и резистор R . Ключ замыкают.



- 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?

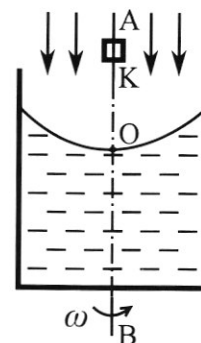
Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

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 $\omega = 10/3 \text{ c}^{-1}$ 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Поскольку вектор скорости и перемещения, а также угол между ними
известны, то угол не определяем, но если не знаем
векторной составляющей, $\Rightarrow V_1 = V_0 \cdot \cos(\alpha_1)$.

$$\sin^2(\alpha_1) + \cos^2(\alpha_1) = 1, \Rightarrow \cos(\alpha_1) = \frac{2\sqrt{2}}{3}, V_1 = \frac{V_0 \cdot 2\sqrt{2}}{3}$$

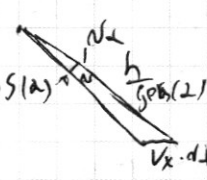
Нужно найти, что угол между векторами не известен,
А если известны, то можно найти работу A_{12} если $m \cdot v_0$

на разном $A_{12} = \frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}, V_2 = V_0 \cdot \cos(\alpha_2) = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot V_0$

~~$A_{12} = \frac{m v_0^2}{2} \left(\frac{8}{9} - \frac{3}{4} \right) = \frac{5}{72} \cdot m v_0^2$~~

Векторная составляющая перемещения d . Известно
с тем же направлением. Обозначим длину d

за h . $\Rightarrow d \cdot \frac{h}{\sin(\alpha)} = v_x \cdot dt, v_x = V_0 \cdot \cos(\alpha)$



$\frac{h \cdot d \cdot \cos(\alpha)}{\sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)} = v_0 \cdot dt$. Сгруппируем неизвестные.

$h \cdot \frac{d(2 \cdot 2)}{\sin(2 \cdot 2)} = v_0 \cdot dt$. Сгруппируем стороны v_0 и d и h

$d(2) - R = dx, R = \frac{h}{\sin(2)}, \Rightarrow h \cdot \frac{d \cdot 2}{\sin(2)} = dx$. Обозначим

~~R~~ Тогда $x_2 - x_1 = \int_{x_1}^{x_2} dx$. Так как известно,
и найти, что $x_2 - x_1 = \int_{x_1}^{x_2} dx$

$\frac{h \cdot d(2 \cdot 2)}{\sin(2 \cdot 2)}$ - это то же выражение, но от другого угла.

$$\Rightarrow \text{Три симметричные трубки } X_{(223)} - X_{(222)} = V_0 t_{23}$$

$$X(2) = \frac{h \cdot c \nu(2)}{k \cdot ((\nu(2d_2) - (\nu(2d_1))) = V_0 t_{12}$$

$$\Rightarrow t_{23} = t_{12} \cdot \frac{(\nu(2d_3) - (\nu(2d_2)))}{(\nu(2d_2) - (\nu(2d_1)))} = \frac{6\sqrt{7} + 2\sqrt{3}}{2\sqrt{2} - 2\sqrt{3}} \cdot t_{12}$$

№2.

Для тех же условий работы при тех же параметрах 373 К.

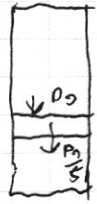
Удельное давление P_0 . Концентрация. Удельное

число молекул в объеме воздуха

составе воздуха $\frac{6P_0}{5}$. Масса воздуха

в объеме $\frac{4P_0}{5}$ молекул воздуха при ν и ν_0 в объеме $\frac{4P_0}{5}$ молекул воздуха при ν_0 . Значит удельное

$$\text{МКТ } \frac{6P_0}{5} \cdot V_1 = DRT_0, \quad \frac{4P_0}{5} \cdot V_2 = DRT_0 \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{3}{2}$$



Значит при тех же условиях, но конденсировал, а значит

знаем что его объем уменьшился на $\frac{V_1}{2}$, но весь этот объем газом конденсировался. $PV = DRT, \quad \rho = \frac{m}{V}$

$$\Rightarrow \rho = \frac{P \cdot M}{RT}, \quad \rho \cdot V = \Delta m \Rightarrow \Delta m = \frac{P_0 \cdot M}{RT_0} \cdot \frac{V_1}{2}$$

Так как $T = \text{const}$. Значит у воздуха энергия внутренняя

сохранится. Увеличение она была масса у конденсированного

$$\Delta U = - \frac{P_0 \cdot M \cdot V_1 \cdot L}{2RT_0}$$

Ответ: $V_2 = \frac{3}{2} V_1, \quad \Delta m = \frac{P_0 M \cdot V_1}{2RT_0}, \quad \Delta U = - \frac{P_0 M V_1 L}{2RT_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Узлами контура ρ . Ток q протекает вправо и направо в контуре мгновенно после начала ЧЭО. Ток в контуре равен q между зарядами, зарядом Q и зарядом Q в центре контура. Возьмем ρ контура на расстоянии r , тогда потенциал

Электрического потенциала $\frac{kQ}{r_1} + \frac{kQ}{r_2} = 0 \Rightarrow q = -\frac{r_2}{r_1} \cdot Q$

Ток от центра контура $q \cdot U$, где U - потенциал контура между зарядами и потенциалом. $U = \frac{kQ}{r_1}$.

$\Rightarrow W = \frac{kQ^2}{2r_1}$, Ток q - мы берем q и Q

Электрического поля, потенциал контура с зарядом Q симметрично, заряд q и заряд Q контура Q контура Q . Изменим заряд контура Q контура Q контура Q .

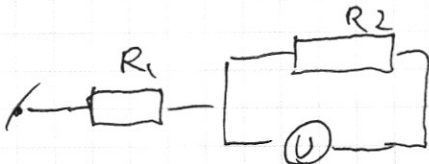
Заряд на внешней сфере не меняется, а заряд $W_{\text{пол}} = \frac{kQ^2}{2r_1}$, $W_{\text{к}} = \frac{kQ^2}{2r_1} - \frac{kQ^2}{2r_2}$, ток q заряд Q контура Q

Электрического поля $\Delta W = \frac{kQ^2}{2r_2} = \frac{k r_2 \cdot Q^2}{2r_1^2} = Q_{\text{потенциала}}$

Ответ: $q = -\frac{r_2}{r_1} Q$, $W = \frac{kQ^2}{2r_1}$, $Q_{\text{потенциала}} = \frac{k r_2 Q^2}{2r_1^2}$.

№4

1) Вольтметр показывает $I \cdot R_{\text{в}}$. Температурный коэффициент.



$R_{\text{в}} = 3R$. $R_{\text{экв}} = R + \frac{1}{\frac{1}{2R} + \frac{1}{3R}} = \frac{11}{5}R$

$$\Rightarrow I = \frac{\frac{11R}{5} \cdot \frac{6E}{11R}}{R_2 + R_0} \quad R_2 I_2 = R_0 \cdot I_0, \quad I_0 + I_2 = I, \quad I_0 = I \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_0}$$

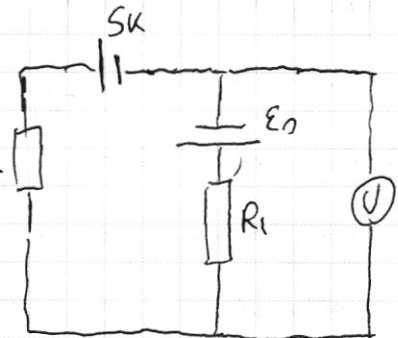
$$I_0 = \frac{2}{5} I = \frac{2}{5} \cdot \frac{6E}{11R} = \frac{12E}{55R} \quad I = \frac{6E}{11R}, \quad R_2 I_2 = R_0 \cdot I_0$$

$$I_0 + I_2 = I \Rightarrow I_0 = \frac{I R_2}{R_2 + R_0} = \frac{2}{5} I, \quad I_0 = \frac{2}{11} \frac{E}{R}$$

$U_B = R_0 \cdot I_0 = \frac{6E}{11} = U_1$. Так как после подключения, закон сохранения энергии выполняется, поэтому мы не можем считать, что энергия не сохраняется.

$\mathcal{E} = S \cdot \frac{d\Phi}{dt} = SK$. Максимальный пробитый потенциал на момент подключения конденсатора \mathcal{E} . Мы можем считать, что \mathcal{E} постоянна. Изменим сопротивление, соответственно потенциал конденсатора. Так мы знаем, что на конденсаторе без конденсатора $\mathcal{E} = SK \quad I_0 = \frac{2E}{11R}$

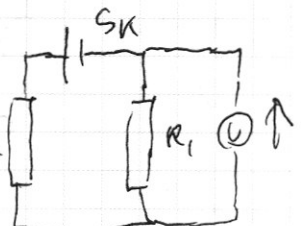
Однако мы не можем считать, что мы не знаем $\mathcal{E} = SK$. Значит R_2 \mathcal{E}_0 на конденсаторе и переключен.



$$R_{\text{экв}} = 2R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{3R}} = 2\frac{3}{4}R,$$

$$I = \frac{6E}{11R}, \quad I_0 \cdot R_0 = I_1 \cdot R_1, \quad I_1 + I_0 = I,$$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{I}{4}, \quad I_0 = \frac{E}{11R}. \quad \text{Так как в момент } R_2$$



мы можем считать в одну сторону, закон сохранения энергии. $\Rightarrow I_{\text{пробит}} = \frac{3E}{11R}$ ~~В момент~~ $\mathcal{E} = SK$

$$I_{\text{пробит}} = \frac{(2\mathcal{E}_0 + SK)}{11R}, \quad U_{\text{вольтметра}} = \frac{3(2\mathcal{E}_0 + SK)}{11} = U_2$$

Ответ: $U_1 = \frac{6E_0}{11}, \quad U_2 = \frac{3(2E_0 + SK)}{11}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

На рисунке мы имеем x , на который будет действовать сила тяжести g и $\omega^2 x$. $tg(\alpha) = \frac{\omega^2 x}{g}$, $tg(\alpha) = \frac{y}{x}$
 выразим y от x , $\Rightarrow y = \frac{\omega^2 x^2}{2g}$, как известно

~~Результат =~~ ~~$y = -\sqrt{R^2 - x^2}$~~ ~~$y' = -(R^2 - x^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{2} \cdot (-2x) = x(R^2 - x^2)^{-\frac{1}{2}}$~~

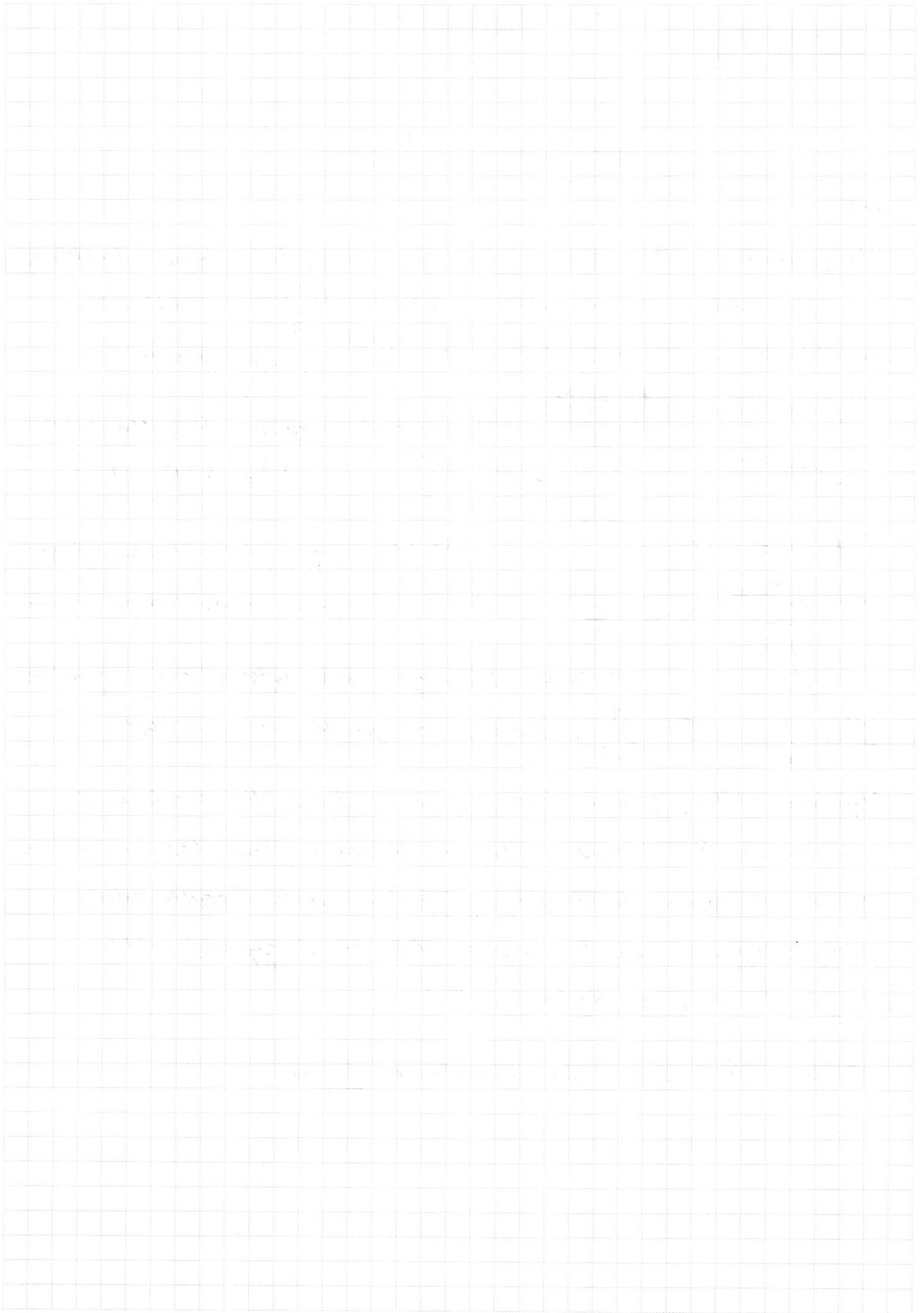
$y''(0) = (R^2 - x^2)^{-\frac{1}{2}} \Rightarrow y''(0) = \frac{1}{R}$. Вспомогательная

от $\frac{\omega^2 x^2}{2g}$ это $\frac{\omega^2}{g}$, если вспомнить и первое и второе

условия мы получим безумное уравнение, а именно $\frac{\omega^2}{g} = \frac{1}{R}$, $R = \frac{g}{\omega^2}$. Как мы уже неоднократно

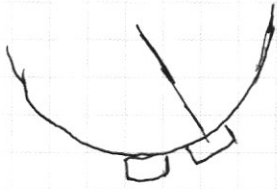
заметили всем ясно. Если y не в явном виде выразить
 от x , R , вспомогательным образом, то все параметры
 будут связаны в явном виде, поэтому мы найдем
 центр тяжести тела R , а так как тело имеет
 форму, этот радиус будет R .

Ответ: $R = \frac{9}{10}$ м, на рисунке $\frac{9}{10}$ м.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$$h \cdot \rho \cdot x \cdot R \cdot \omega^2 R = \frac{\rho g h_2 \cdot h_2 \cdot (sin(\alpha))}{2} = mg$$

$$\frac{1}{2\sqrt{1-x^2}} \cdot (-2x) = -\sqrt{\frac{x^2}{1-x^2}}$$

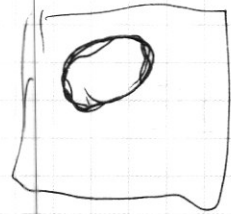
$$h \cdot \rho \cdot s \cdot \omega^2 R = \frac{\rho g h_2^2}{2} \cdot h$$

$$x = \sqrt{1-x^2}$$

$$\frac{\epsilon_0 E^2}{2}$$



$$\frac{b}{a}$$



m + a

$$\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \cdot dA = F \cdot ds$$

$$\frac{dQ}{dt} = F \cdot V$$

~~scribble~~

$$PV = \nu RT$$

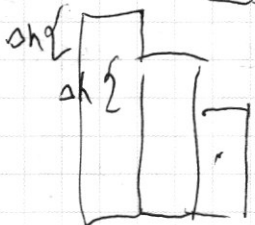
$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{pM}{RT}$$

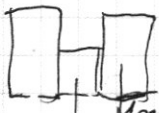


$$\frac{\omega^2 x^2}{2g}$$

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

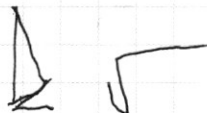


$$\frac{\rho g h_2 - \rho g h_1 \cdot s}{2}$$



$$\frac{10}{100} \frac{h}{g} = \rho \cdot s \cdot \omega^2 R$$

Q.



$$\Delta y^2 \cdot \rho \cdot a \cdot x^2$$

$$\frac{1}{c^2} [EV]$$

$$\frac{c \omega^2}{2}$$

$$\frac{3}{10}$$

$$\sqrt{1+y^2}$$

$$\frac{kQ^2}{2\epsilon_0 r}$$

$$(\omega^2 R)^2 + g^2$$



$$\frac{\omega R}{g}$$

$$\frac{\omega R}{g}$$

$$\frac{\omega x}{g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten solutions on grid paper for a physics problem. The work includes several diagrams of triangles and circles, and various mathematical derivations.

Top Left:
$$\frac{6\sqrt{7} + 8\sqrt{3}}{21\sqrt{2} - 8\sqrt{3}}$$

$$-\frac{\sqrt{7}}{4} - \frac{\sqrt{3}}{3}$$

Top Middle:
$$1 - \frac{8}{13}$$

$$\frac{7}{16}$$

Top Right:
$$X = I \left| \frac{d_2}{d_1} \right|$$

$$\frac{\sqrt{7}}{4} \cdot L - Vt$$

Middle Left:
$$\frac{\sqrt{3}}{3} - \frac{7}{8}\sqrt{2}$$

$$2\sqrt{2}$$

Middle Right:
$$64 \cdot 3$$

$$\frac{1 - (7(2) \cdot 1)^2}{2 + 7(2)}$$

Bottom Left:
$$\frac{8-1}{4\sqrt{2}} = \frac{7}{4\sqrt{2}} = \frac{7}{8} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{1-3}{2\sqrt{3}} = \frac{-1}{\sqrt{3}}$$

Bottom Middle:
$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{V_x}{R}$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{V_0 \sin(2\alpha)}{2h}$$

Bottom Right:
$$\omega = \frac{V_x}{R}$$

$$\omega = \frac{V_0 \sin(2\alpha)}{2h}$$

$$\omega = \frac{\sin(2\alpha) V_0}{2h}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ___
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)