

- 

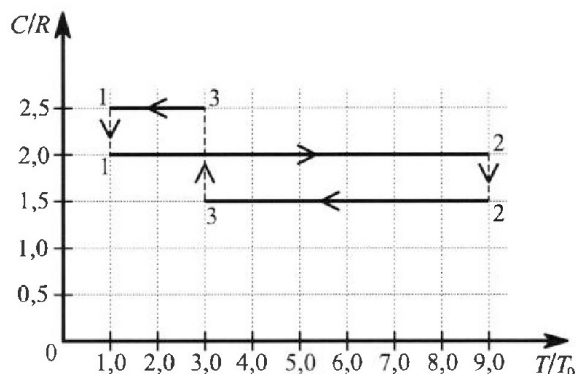
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 5$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300 \text{ K}$.

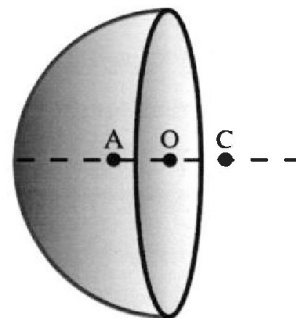


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400 \text{ кг}$ за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . Частица движется по прямой АС и на большем по сравнению с R расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна K .



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

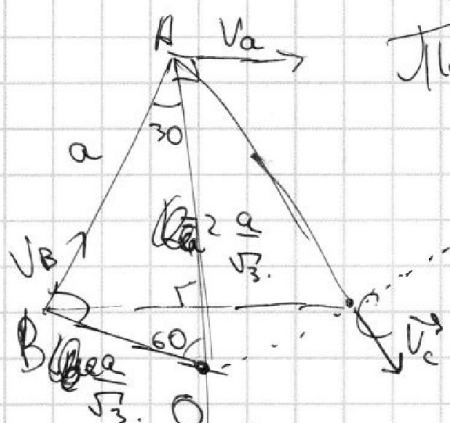
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

У1
Дано:
 $a = 0,4 \text{ м}$
 $v_B = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\vec{v}_A \parallel BC$

Найти:
 $v_A = ?$

Решение: ВС.М.: Кинематика М.м.с.

1)



Плюска $\frac{AO}{BO} = 2, \text{ м}$

$$\frac{v_A}{v_B} = 2$$

$$v_A = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Кинематика $\omega = \frac{v_B}{OB} = \frac{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,4 \text{ м}} \cdot \sqrt{3} = \sqrt{3} \frac{1}{\text{с}}$

Плюска полный оборот Δ совершит за $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$

3) $m \cdot \omega_n \ll M, \text{ м}$ $X_{\text{с.м.}} = \text{const}$

из кинематики $O(C) = OB$. Так как плечо сидит на Δ ,

то по формуле она движется с ускорением в м.с

$$|\vec{R}| = |m_n \vec{a}| = m_n \omega^2 OC = 12 \phi \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot (\sqrt{3} \frac{1}{\text{с}})^2 \cdot \frac{0,4 \text{ м}}{\sqrt{3}} = 48\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

Ответ: $v_A = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$$

$$R = 48\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N2

Дано:

$$h = 14,2 \text{ м}$$

$$v = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Найти:

$$H = ?$$

$$L_{\text{верт}} = ?$$



$$h = V_h t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$h = V_h \frac{V_h}{g} - \frac{g \left(\frac{V_h}{g} \right)^2}{2} = \frac{V_h^2}{2g}$$

$$V = V_h - g t_1$$

$$t_1 = \frac{V_h - V}{g}$$

$$h = V_h \frac{V_h - V}{g} - \frac{g \left(\frac{V_h - V}{g} \right)^2}{2}$$

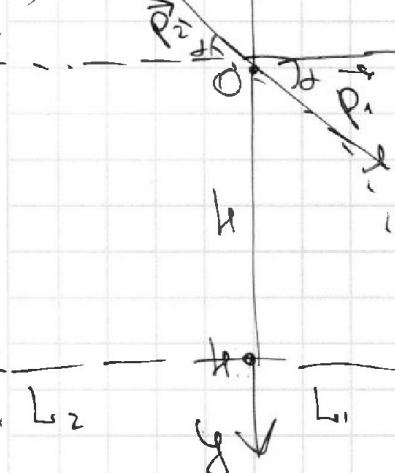
$$gh = \left(V_h^2 - V_h V - \frac{V_h^2}{2} + V_h V - \frac{V^2}{2} \right)$$

$$2gh + \frac{V^2}{2} = \frac{V_h^2}{2}$$

$$2 \cdot 10 \cdot 14,2 + \frac{6^2}{2} = \frac{V_h^2}{2}$$

$$h = \frac{V_h^2}{2g} = 16 \text{ м}$$

2) По закону сохранения импульса $\vec{p}_1 = \vec{p}_2$ и т.д. $m_1 = m_2$, тогда $\vec{v}_2 = \vec{v}_0$; $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ и т.д. В проекции на x'



$$\text{Тогда } L_{\text{верт}} = L_1 + L_2$$

$$L_1 = V_0 \cos \alpha t_1$$

$$L_2 = V_0 \cos \alpha t_2$$

$$H = V_0 \sin \alpha + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$H = -t_2 V_0 \sin \alpha + \frac{g t_2^2}{2}$$

$$\Phi = \sqrt{(V_0 \sin \alpha)^2 + 2gh}$$

$$t_2 = \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{(V_0 \sin \alpha)^2 + 2gh}}{\frac{g}{2}}$$

$$t_1 = \frac{-V_0 \sin \alpha + \sqrt{(V_0 \sin \alpha)^2 + 2gh}}{\frac{g}{2}}$$

$$L_{\text{верт}} = V_0 \cos \alpha (t_1 + t_2) = \frac{2V_0}{g} \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 2gh \cos^2 \alpha}$$

$L \rightarrow$ верт с нпр $\sqrt{\dots} \rightarrow$ верт
 $\dots \rightarrow$ верт



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
4 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№2.

$$L_{\text{max I}} = 32\sqrt{5} = \sqrt{5120} > L_{\text{max II}}. \text{ Тогда при выборе}$$

$$\text{одной из экспрессов } L_{\text{max I}} > L_{\text{max II}} \Rightarrow d_0 = 0$$

$$\text{Выясним сейчас } L_{\text{max}} = L_{\text{max I}} = 32\sqrt{5} \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } H = 16 \text{ м}$$

$$L_{\text{max}} = 32\sqrt{5} \text{ м.}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

12

$y = H_{max}$
 $x = V_0 \cos \alpha \cdot t$
 $y = H_{max} - g \frac{t^2}{2}$
 $y = H_{max} - \frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} x^2$
 $0 = H_{max} - \frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} \frac{L_{max}^2}{4}$
 $L_{max} = \sqrt{\frac{8H_{max} V_0^2 \cos^2 \alpha}{g}}$
 $L_{max} = 2\sqrt{2} V_0 \cos \alpha \sqrt{\frac{H_{max}}{g}}$
 $H_{max} = H + V_0 \sin \alpha \cdot t - g \frac{t^2}{2}$
 $t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$
 $H_{max} = H + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
 $L_{max} = 2\sqrt{2} V_0 \sqrt{\frac{2H}{g} \cos^2 \alpha + \frac{V_0^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha}{g}}$

$32 \left(1 - \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{24} \right) + 400 \left(x - \frac{x^3}{6} \right)$
 $-32x + \frac{32x^3}{6} + 400 - \frac{400x^3}{2} = 0$
 и т. о. верно, так $\alpha < 45^\circ = \frac{\pi}{4}$
 $400x^2 + 64x - 800 = 0$
 $D = 64^2 + 4 \cdot 400 \cdot 800$
 $x_{1,2} = \frac{-64 \pm \sqrt{75^2}}{2 \cdot 400}$
 $x_{12} = \frac{-64 \pm 75}{2 \cdot 400} = \frac{11}{800} \approx 0.01375$
 $\cos(\sqrt{2}) \approx 1 - 1 + \frac{1}{6} \approx \frac{1}{6}$
 $\sin(\sqrt{2}) \approx \frac{\sqrt{35}}{6}$
 $L_{max} = 2\sqrt{2} \cdot \frac{1}{6} \cdot 20 \sqrt{\frac{16 + 400 \cdot \frac{35}{22}}{10}}$

$\frac{\pi}{4} = 3,14$
 $1,57$
 α чуть меньше $\frac{\pi}{2}$
 $\text{пусть } H_{max} = 20 \text{ м.}$
 $\frac{40}{6} \cdot \sqrt{2} = \sqrt{\frac{1600 \cdot 2}{36}} \approx \sqrt{\frac{40 \cdot 2}{280}}$



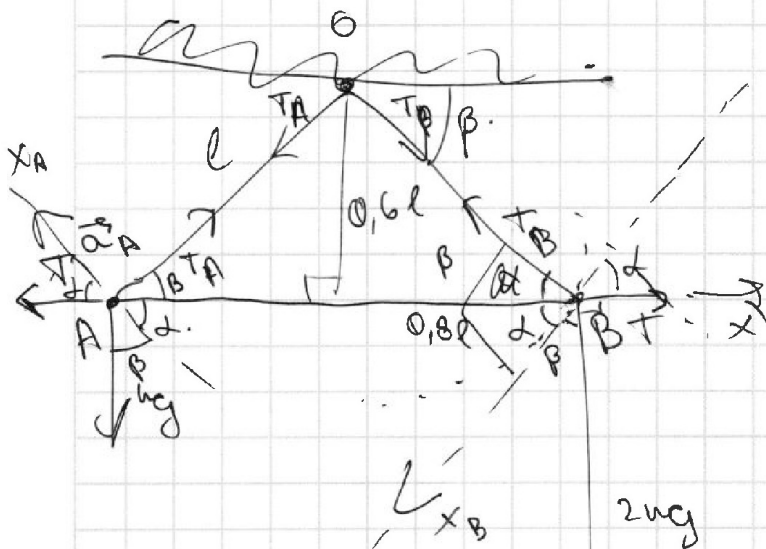
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

13.



замечу, что $l = \text{const}$,
но 2м движется по
окружности $(O; l) \Rightarrow$
 $\vec{a} \perp OB$

Тогда $\sin \alpha = \cos \beta$
по 1) $\cos \alpha = 0,8$

$$l^2 = l^2 + (0,6l)^2 - 2 \cdot l \cdot 0,6l \cdot \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{1,6}{2} = 0,8$$

$$\sin \alpha = 0,8$$

По II (3) ~~координата~~

$$2ma_B = 2mg \cdot \cos \beta - T \sin \beta$$

Так как стержень, то $a_{Ax'} = a_{Bx'}$ на ось стержня

Точка A движется аналогично вверх по окружности $\Rightarrow$
кин связь $(\vec{a}_A = \vec{a}_B)$ $ma_{xA} = \sin \beta T - mg \cos \beta$

$$3ma = mg \cos \beta$$

$$a = g \frac{0,8}{3}$$

$$a = \frac{8}{3} \frac{m}{c^2}$$

$$ma = 3mg \cos \beta - 2T \sin \beta$$

$$mg \left(\frac{3 \cdot 0,8}{3} - \frac{0,8}{3} \right) : (2 \cdot 0,6) = T$$

$$mg \frac{0,8 \cdot 0,8}{3 \cdot 2 \cdot 0,6} = T \quad m = 90 \text{ г} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$$

$$T = \frac{16}{9} mg \quad T = 1,6 \text{ Н}$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,8$
 $a = \frac{8}{3} \frac{m}{c^2}$

$$T = \frac{16}{9} mg = 1,6 \text{ Н}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.



СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Время, что $\vec{v}_1 = -\vec{v}_2$, но направление 2 части разные, движение при $\vec{v}_1 = -\vec{v}_2$

Уч. $PV^{\frac{C-C_p}{C-C_v}} = \text{const.}$ $C_1 = 2,5 R$ $C_2 = 2,0 R$ $C_3 = 1,5 R.$ $\gamma = \frac{5}{3}$ м.к. 1 атомный.
 $C_p = \frac{\gamma}{\gamma-1} R = \frac{5}{2-1} R = 2,5 R$
 $C_v = \frac{1}{\gamma-1} = 1,5 R.$

1) $PV^{\frac{C-C_p}{C-C_v}} = \text{const}$ $PV^0 = \text{const}$ — изохора

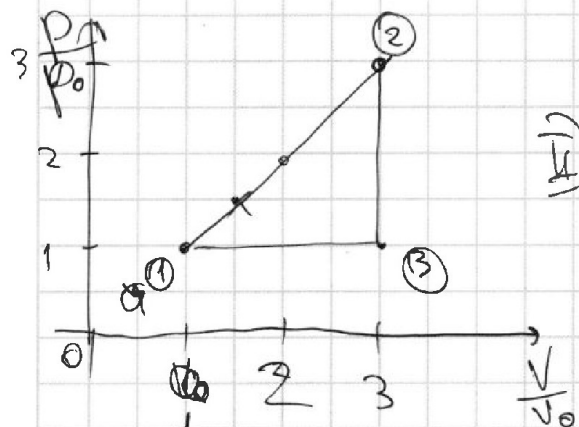
2) $PV^{\frac{2-2,5}{2-1,5}} = \text{const}$ $PV^{-1} = \text{const}$

$P = C \cdot V$ — прямая из 0;0

3) $PV^{\frac{1,5-2,5}{1,5-1,5}} = \text{const}$ $P^{1,5-1,5} \cdot V = \text{const}$

$P^0 V = \text{const}$ — изохора

$P_0 V_0 = T_0 R$



II) $A_1 = S_{PV} = 2 P_0 V_0 = 2 R T_0.$

$A_1 = 2 \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ Дж}$

$A_1 = 831 \cdot 30 = 24,93 \text{ кДж}$

III) тип прохождение цикла вычисления A цикла

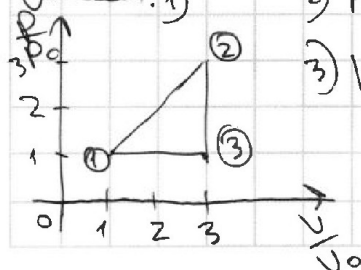
Итого по 3(3): $M_0 H = 20 \cdot A_1$

(Ответ: 1)

2) $A_1 = 24,93 \text{ кДж}$

3) $H = 62,325 \text{ м}$

$62 \frac{13}{40} \text{ м.}$
 $62,325 \text{ м.}$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

СТРАНИЦА
 2 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

15.

ка Состояние рассматриваемой системы считаем известным.

through $k_0 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{x_0} = k$

$k_0 + A_{AO} = 0$ — разрыв из A в O.

through $k_0 = k$

$\frac{mv_0^2}{2} = k$

$v_0 = \sqrt{\frac{2k}{m}}$

$\Delta = \frac{k}{4\pi\epsilon_0 R^2} \frac{Qq}{Qq}$

Получено, что
 $k_0 = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \frac{AO}{R^3} \left(R + \frac{AO}{2} \right)$

$k = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R^2} + \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R^3} \frac{AO^2}{2}$

$\frac{AO^2}{2R} + AO - \Delta = 0$

$\Delta = 1 + \frac{2\Delta}{R}$

$h = AO_{12} = R \left(-1 \pm \sqrt{1 + \frac{2\Delta}{R}} \right)$ н.к. $AO > 0$

С другой стороны

$k_c + A_{Oc} = k_c$

"
 k

$\frac{mv_c^2}{2} = k + \int q \cdot Q$

$\frac{mv_c^2}{2} = k + \int q \cdot Q$

Получим v_c через интеграл.

$A_{Oc} = \int_0^{AO} \frac{q \cdot Q}{4\pi R^2} \left(\dots \right)$

$\Delta A_i = \int_{h+R}^h \frac{Q \cdot R^2 \epsilon_0}{\sqrt{R^2 - (x+h)^2}} \cdot \frac{R}{R} \dots$

$A_{Oc} = \int_h^{h+R} \frac{q \cdot Q}{\epsilon_0 R^3} \sqrt{R^2 - (x+h)^2} dx$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

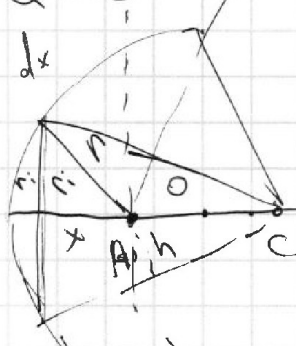
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№ 5.

$$Q = G \cdot 2\pi R^2 - \text{поверхность конуса}$$



$$R^2 = (x+h)^2$$

1) known

$$dQ = 2\pi R dx$$
$$dF_i = \frac{q dQ}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \cos\alpha$$
$$F_i = \frac{q Q_i \cdot x}{4\pi\epsilon_0 (R^2 + x^2)^{3/2}}$$

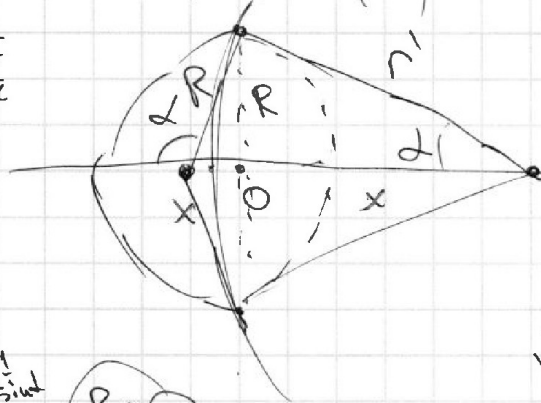
$$R^2 + x^2 = a^2$$
$$2x dx = \frac{da^2}{2}$$

$$Q_i = G \cdot dx \cdot 2\pi R$$

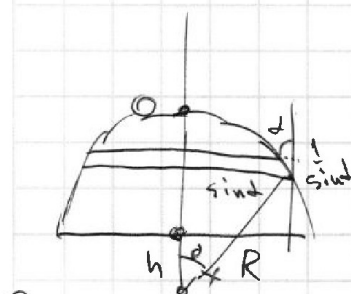
$$Q_i = G \cdot dx \cdot 2\pi R$$
$$Q_i = G \cdot dx \cdot 2\pi R$$

$$E = \frac{G}{\epsilon_0} \frac{Q}{4\pi R^2}$$

Находим $\Omega(x)$ $-R < x < 0$:



$$\Omega = 4\pi \frac{Q}{S_0} = \frac{4\pi \cdot 2\pi R x}{4\pi R^2}$$
$$\Omega = -\frac{x \cdot 2\pi R}{R}$$



$$R \rightarrow x$$
$$2\pi R \cdot dx$$
$$2\pi R(R-x)$$

$$S = 2\pi R(R-x)$$
$$S = 2\pi R(R-x)$$

$$\Omega = 4\pi \frac{4\pi R^2 - 2\pi R^2 + 2\pi R x}{4\pi R^2} = 2\pi \left(\frac{R-x}{R} \right)$$

$$x > 0.$$
$$\Omega = \frac{2\pi R(R-x)}{4\pi R^2} \cdot 4\pi R = 2\pi \left(1 - \frac{x}{R} \right)$$

$$E(x) = \frac{G}{\epsilon_0} \frac{R+x}{2R} ; x < 0$$

$$E(x) = \frac{G}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right)$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№5.

Найти A_E на м. А б м. О ($AO=h$)

$$dA = F_i dx = E q dx = \frac{G}{2\epsilon_0} \left(\frac{R+x}{R} \right) dx$$

$$A_{EA} = \frac{Gq}{2\epsilon_0 R} \int_0^h (R+x) dx = -hR - \frac{h^2}{2}$$

$$3\epsilon_0: A_{on} + k_0 = 0$$

$$k_0 = \frac{Ghq}{2\epsilon_0 R} \left(R + \frac{h}{2} \right)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R^3} \left(R + \frac{h}{2} \right)$$

Найти A_{on} перемещая из О б м. $x_0 \gg R$.

$$dA = \frac{Gq}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}} \right) dx$$

$$\frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}} = \cos \alpha$$

$$\frac{x}{R} = \tan \alpha$$

$$x = \tan \alpha R$$

$$A_{ox_0} = \frac{G}{2\epsilon_0} \int_0^{x_0} dx = \frac{G}{2\epsilon_0} x_0$$

$$\frac{G}{2\epsilon_0} x_0 - R \int_0^{\frac{\pi}{2}} \tan \alpha \cdot \sin \alpha d\alpha \rightarrow 0$$

$$w.k. x_0 \gg R, \text{ и } \frac{\pi}{2}$$

$$A_{ox_0} = \frac{Gq x_0}{2\epsilon_0} = \frac{Qq}{2\epsilon_0} \frac{x_0}{2R^2} + k_0 = K$$

$$V_0 = \sqrt{2m \left(R - \frac{qQ x_0}{4\epsilon_0 \pi R^2} \right)}$$

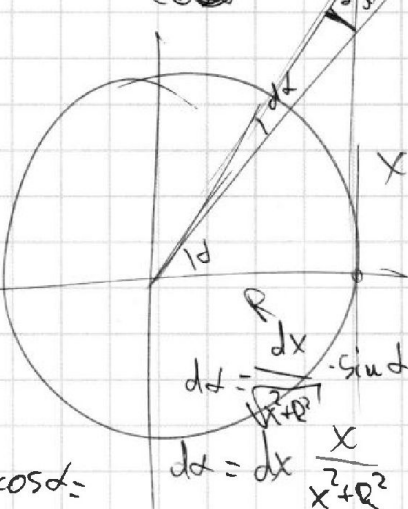
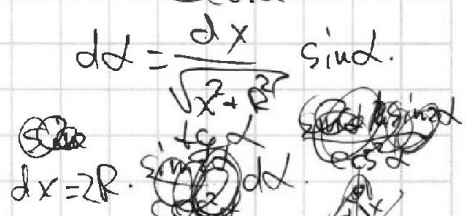
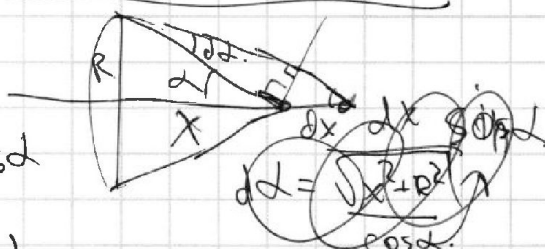
$$R \sin \alpha \cos \alpha \cdot d\alpha \cdot \sin \alpha$$

$$(1 - \cos^2 \alpha) \cos \alpha$$

$$\sin \alpha \cos \alpha =$$

$$= \frac{x}{x^2+R^2}$$

$$\frac{d\alpha}{\sin \alpha \cos \alpha} = \frac{dx}{R}$$



$$\frac{d\alpha}{\sin \alpha \cos \alpha} = \frac{dx}{R}$$