



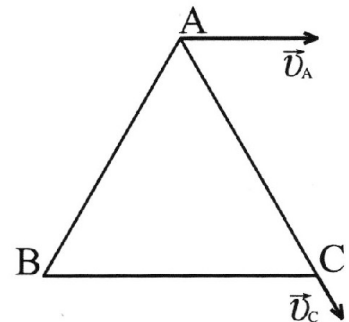
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,6$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a = 0,3$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?

Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

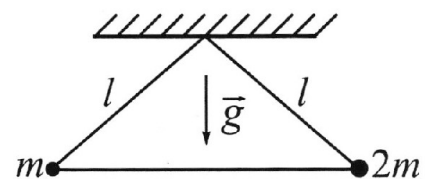
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 30$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 200$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



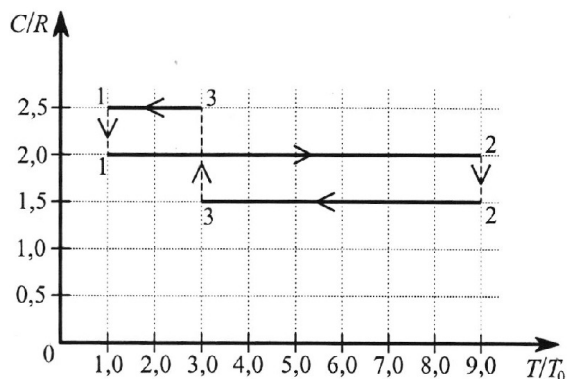
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

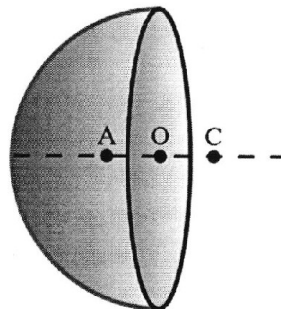


4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200$ К.



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. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?
3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 415$ кг за $N = 25$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·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 . В точке О кинетическая энергия частицы равна K .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
2. Найдите скорость V_C , с которой частица движется 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 2

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!

N1

$t=0$

$$v_A = 0,6 \text{ м/с}$$

$$\vec{v}_A \parallel BC$$

$$\vec{v}_C \parallel AC$$

$$a = 0,3 \text{ м}$$

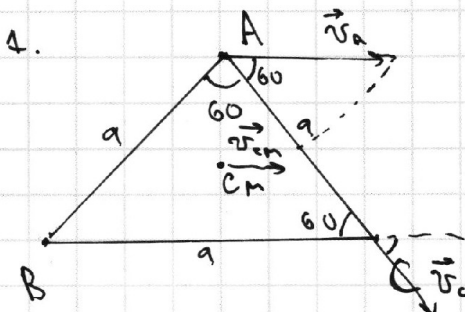
1. $v_C = ?$

2. $t(N=8) = ?$

N-конца отобразов в со см

3. $m_{\text{м}} = 60 \text{ мс}$

$R_{\text{м}} = ?$



Треугольник - АТТ, значит

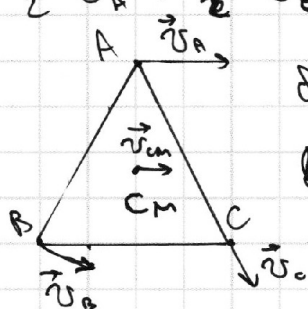
$$v_{A \text{ AC}} = v_{C \text{ AC}} = v_C$$

$$v_{A \text{ AC}} = v_A \cdot \cos 60 = 0,3 \text{ м/с}$$

$$v_C = 0,3 \text{ м/с}$$

~~Ответ:~~ Ответ: $v_C = 0,3 \text{ м/с}$

$$\begin{aligned} 2. \vec{v}_B &= \vec{v}_{B \text{ AB}} + \vec{v}_{A \text{ AC}} = \vec{v}_A \cos 60 + \vec{v}_C \cos 60 = \\ &= \frac{1}{2} \vec{v}_A + \frac{1}{2} \vec{v}_C \end{aligned}$$



В со см все точки тр-ка будут двигаться по кону. окр. с центром в см , следовательно скорости будут $\perp$ "радиусу", проведенному в ту

точку. $\wedge$ т. А уже направлена $\perp$ "радиусу", значит

будет переходить в поступ. движ. и со см , так тогда

$v_{\text{см}} \parallel v_A$, пока v_C не станет $\vec{v}_C \parallel BA$

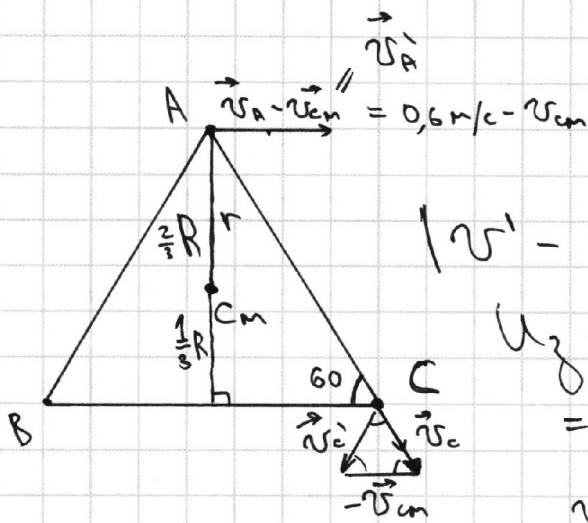


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!



v' - скорость точки B ω - см.

Из геометрии видно, что $v_{cm} = v_c = 0.3 \text{ м/с}$

$$v_A' = 0.3 \text{ м/с}$$

R - высота, медиана $\Rightarrow R = a \cdot \sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2} a$; $r = \frac{\sqrt{3}}{3} a$

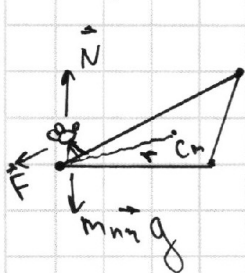
$$\omega = \omega_A = \omega_B = \omega_C = \frac{v_A'}{r} = \frac{0.3 \text{ м/с}}{\frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0.3 \text{ м}} = \frac{3}{\sqrt{3}} \text{ рад/с}$$

$$t(N=8) = 8 \cdot T = 8 \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{16\pi \cdot \sqrt{3}}{3} = \left[\frac{16\sqrt{3}}{3} \pi \right] \text{ с.}$$

$t(N=8)$ - время, за которое пластина совершит 8 оборотов

Ответ: $t(N=8) = \left[\frac{16\sqrt{3}}{3} \pi \right] \text{ с.}$

$m_{nn} \ll m_{\text{пластины}} \Rightarrow$ масса не повлияет на положение центра масс системы, и пластина так и продолжит двигаться с той же угловой скоростью ω .



$\vec{F}$ - центростремительная; $F = m_{nn} \omega^2 \cdot r$

по 2-му И: $m_{nn} g + \vec{N} + \vec{F} = \vec{R}_{nn} \Rightarrow$

$$= R_{nn} = F = m_{nn} \omega^2 \cdot r = 60 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \frac{3}{\text{рад}^2/\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0.3 \text{ м} =$$

$$= 18\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н} = 18\sqrt{3} \text{ мкН}$$

Ответ: $R = 18\sqrt{3} \text{ мкН}$



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!

N2

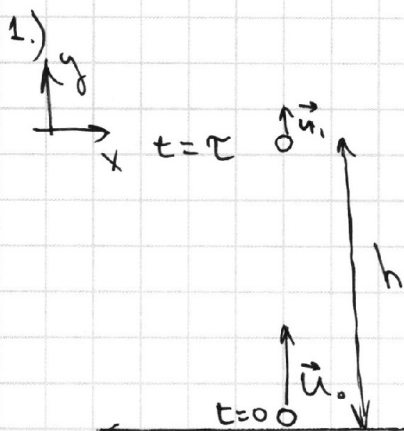
$$h(\tau) = 15 \text{ м}$$

$$\tau = 1 \text{ с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V_0 = 30 \text{ м/с}$$

$H, L_{\max} - ?$



$$y(t) = u_0 t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = u_0 \cdot \tau - \frac{g\tau^2}{2} \quad (\Rightarrow) \quad \cancel{15 \neq}$$

$$u_0 = \frac{h + \frac{g\tau^2}{2}}{\tau} = \frac{15 + 5}{1} = 20 \text{ м/с}$$

$$v_y(t) = u_0 - gt ; v_y(t\tau) = 0 \Rightarrow$$

$$t\tau = \frac{u_0}{g} = \frac{20}{10} = 2 \text{ с} ; (t\tau - \text{время от вылета до достижения верхней точки})$$

$$y(t\tau) = H = 20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 4}{2} = 20 \text{ м.}$$

Ответ: $H = 20 \text{ м}$

п. 2 см. страницу



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!

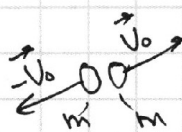
2.) По ЗСМ, если один из осколков летит со скоростью $\vec{V}_0$, то грузик должен лететь со скоростью $-\vec{V}_0$.

Было:

0-2m

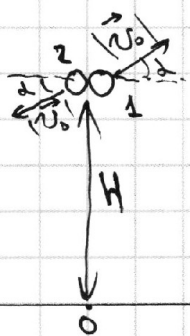
$$\vec{p} = \vec{0}$$

Стало:



$$\vec{p} = m\vec{V}_0 - m\vec{V}_0 = \vec{0}$$

Один "кусоч" полетел под углом α к горизонту. Тогда грузик под углом $\sim \alpha$



$$x_1(t) = v_0 \cos \alpha \cdot t_1$$

$$(1) y_1(t) = H + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$x_2(t) = -v_0 \cos \alpha \cdot t \equiv v_0 \cos \alpha t_2$$

$$(2) y_2(t) = H - v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$(1) 20 + 30 \cdot \sin \alpha t_1 - 5t_1^2 = 0$$

$$(2) 20 - 30 \sin \alpha t_2 - 5t_2^2 = 0$$

} $t_1, t_2 \rightarrow$

Время падения на землю осколков



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!

$$(1) 5t_1^2 - 30 \sin \alpha t_1 - 20 = 0; \quad t_1^2 - 6 \sin \alpha t_1 - 4 = 0$$

$$D = 36 \sin^2 \alpha + 16$$

$$t_1 = \frac{6 \sin \alpha \pm \sqrt{36 \sin^2 \alpha + 16}}{2} = \underline{3 \sin \alpha + \sqrt{9 \sin^2 \alpha + 4}}$$

$$(2) t_2^2 + 6 \sin \alpha t_2 - 4 = 0$$

$$D = 36 \sin^2 \alpha + 16 \quad t_2 = \underline{-3 \sin \alpha + \sqrt{9 \sin^2 \alpha + 4}}$$

$$L_{\max} = |x_1(t_1)| + |x_2(t_2)| =$$

$$= v_0 \cos \alpha \left(\cancel{3 \sin \alpha} + \sqrt{9 \sin^2 \alpha + 4} - \cancel{3 \sin \alpha} + \sqrt{9 \sin^2 \alpha + 4} \right) =$$

$$= 30 \cos \alpha \cdot 2 \sqrt{9 \sin^2 \alpha + 4} = 60 \cos \alpha \cdot \sqrt{13 - 9 \cos^2 \alpha}$$

$$L_{\max} \text{ будет тогда, когда } \cos \alpha = 1,$$

$$L_{\max} = 120 \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } L_{\max} = 120 \text{ м}$$



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
1 ИЗ 2

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!

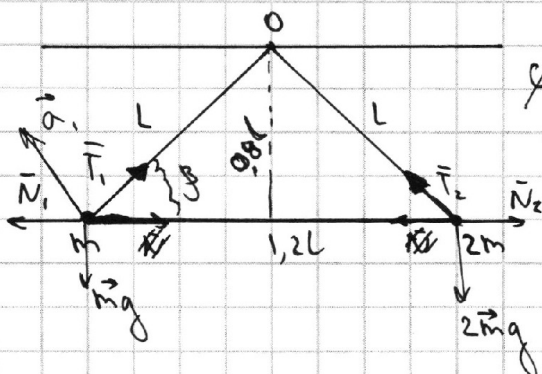
N_3

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

$$L = 1,2 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\sin \alpha; |a_1|; T - ?$$



$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

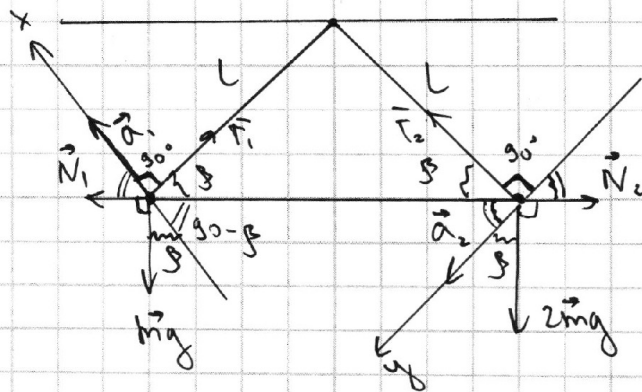
$$\sin \beta = \frac{4}{5}$$

$$\text{нити: } \vec{N}_1 = -\vec{N}_2$$

m и $2m$ будут двигаться по окружностям с радиусом L и центром в O .

$$(*) \vec{a}_1 = \vec{a}_{1n} + \vec{a}_{1\tau} = \vec{a}_{1\tau}$$

сразу когда отпустили $v_1 = 0, \Rightarrow \vec{a}_{1n} \rightarrow 0$



$$\text{АТТ: } a_{\tau 1} = a_{\tau 2}$$

одинаковые радиусы

$$\angle = 90 - \beta$$

$$(1) \text{ 2 зн Н: } \vec{N}_1 + \vec{mg} + \vec{T}_2 = m\vec{a}_1; \quad x: N_1 \cdot \cos(90 - \beta) - mg \cos \beta$$

$$(2) \text{ 2 зн Н: } \vec{N}_2 + 2\vec{mg} + \vec{T}_1 = 2m\vec{a}_2; \quad y: N_2 \cos(90 - \beta) + 2mg \cos \beta$$

$$\begin{cases} N_1 = N_2 \\ a_{\tau 1} = a_{\tau 2} \end{cases} \Rightarrow mg \cos \beta + ma_{\tau} = 2mg \cos \beta - 2ma_{\tau}$$

$$\Rightarrow a_1 = a_2 = \frac{g \cos \beta}{3}$$



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.

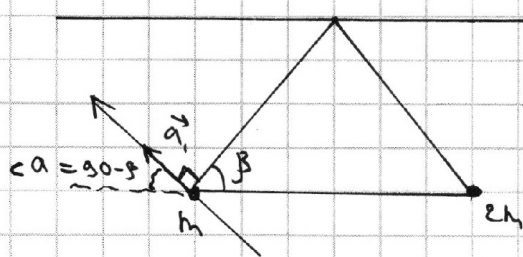
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!

$$\begin{cases} \cos \beta = \frac{3}{5} \\ \sin \beta = \frac{4}{5} \end{cases}$$

$$2. a_1 = \frac{g \cdot \cos \beta}{3} = 2 \text{ м/с}^2$$

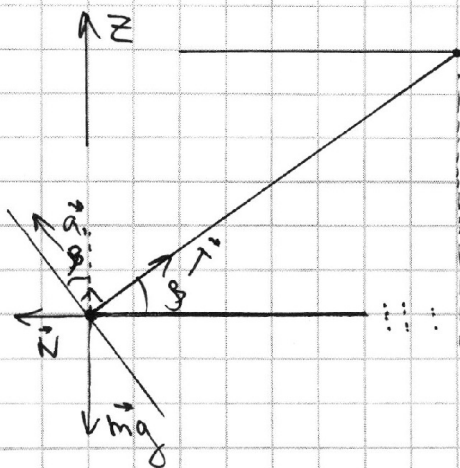


$$\vec{a}_1 = \vec{a}_c$$

$$\sin \alpha = \cos \beta = \frac{3}{5}$$

$$1. \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

3. T = ?



$$2 \text{ м/с}^2$$

$$z: T \cdot \sin \beta - mg = ma_1 \cdot \cos \beta$$

$$T = \frac{m(g + a_1 \cos \beta)}{\sin \beta} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot \left(10 \text{ м/с}^2 + 2 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{3}{5} \right)}{\frac{4}{5}} =$$

$$= \frac{10 + \frac{6}{5}}{\frac{4}{5}} \text{ Н} = \frac{56}{4} \text{ Н} = 14 \text{ Н} ; T = 3,8 \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = \frac{3}{5} ; a_1 = 2 \text{ м/с}^2 ; T = 3,8 \text{ Н}$$



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 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!

N_h

$\gamma = 1 \text{ моль}$

$T_0 = 200 \text{ K}$

1. Π в осях P/p_0 от V/V_0

2. $Q, -?$

3. $M = 415 \text{ кг}$; $N = 25$
 $g = 10 \text{ М/с}^2$; $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
 $\eta = \frac{1}{2}$

1.

Процессы 1-2, 2-3 и 3-1 —

полиτροπные, ур-ие поли-

τροπного процесса: $PV^n = \text{const}$,

где $n = \frac{C_p - C_v}{C - C_v}$, где

C_p и C_v — молярные теп-ты

газа в изобарном и

изохорном процессах соответственно

$C_p = \frac{5}{2} R$; $C_v = \frac{3}{2} R$

2-3: $C_{23} = \frac{3}{2} R \Rightarrow$

$P_{23} V_{23}^{n_{23}} = P_{23} V_{23}^{\infty} \Rightarrow V_{23} = \text{const}$; $\left[\begin{array}{l} 2-3 \rightarrow \text{изохорный} \\ \text{процесс} \end{array} \right.$

3-1: $C_{31} = \frac{5}{2} R \Rightarrow P_{31} V_{31}^{n_{31}} = P_{31} V_{31}^0 = \text{const} \Rightarrow P_{31} = \text{const}$

$\left[\begin{array}{l} 3-1 \rightarrow \text{изобарный} \\ \text{процесс} \end{array} \right.$

1-2: $C_{12} = 2R \Rightarrow n_{12} = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = -1$

$\frac{P_{12}}{V_{12}} = \text{const} \Leftarrow$ линейный процесс, проходящий
через т. (0;0)

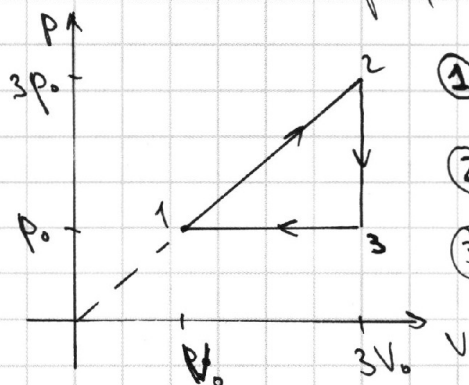
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!



Схематичный график:

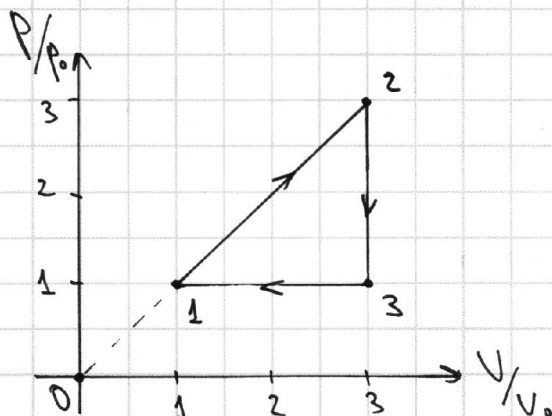


$$\textcircled{1} p_0 V_0 = RT_0$$

$$\textcircled{2} 3p_0 \cdot 3V_0 = R \cdot 9T_0 ; V_2 = 3V_0 ; p_2 = 3p_0$$

$$\textcircled{3} p_0 \cdot 3V_0 = R(3T_0) ; V_3 = 3V_0$$

Ответ:



2.

$$Q_1 = Q_{12} \text{ (т.к. } 3-1 \text{ и } 2-3 \rightarrow \text{ не расширение)}$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \cancel{p_2 V_2 - p_1 V_1} (3V_0 - V_0) \cdot \frac{p_0 + 3p_0}{2} +$$

$$+ \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 4p_0 V_0 + \cancel{12} p_0 V_0 = 16 p_0 V_0 = 16 RT_0 =$$

$$= (2400 R) \text{ Дж}$$

~~Ответ: $Q_1 = [3200 R] \text{ Дж}$~~

Ответ: $Q_1 = [3200 R] \text{ Дж}$



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!

3. Работа газа за 1 цикл $A_{\text{цикл}} = S_{\text{выпр}} = 2p_0V_0 =$
 $= 2RT_0 = [400R] \text{ Дж}$

$A_{\text{полезн за } N_{\text{циклов}}} = A_{\text{газ за } N_{\text{циклов}}} \cdot \eta = A_{\text{цикл}} \cdot N \cdot \eta =$

$= 400R \cdot 25 \cdot 0,5 = 200R \cdot 25 = [5000R] \text{ Дж}$

$|A_{\text{полезн за } N_{\text{циклов}}}| = |\Delta E_n| = M g H \Rightarrow$

$\Rightarrow H = \frac{[5000R] \text{ Дж}}{415 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \left[\frac{500R}{415} \right] \text{ м} = \left[\frac{100}{83} R \right] \text{ м} =$

$= \frac{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{моль}}}{0,83} \approx 10 \text{ м}$

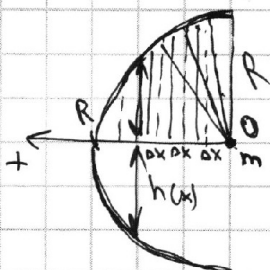
Ответ: ~~10 м~~
 $H = 10 \text{ м}$



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!



Разобьем полушару на кольца:

$$E_{\text{кольца}}(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot x}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

→ ρ -поверхностная пл-ть заряда: $\rho = \frac{Q}{2\pi R}$

$$h(x) = \sqrt{R^2 - x^2} \quad ; \quad Q_{\text{кольца}} = \rho \cdot S_{\text{кольца}} = \rho \cdot 2\pi h \cdot dx =$$

$$= \frac{Q}{2\pi R} \cdot 2\pi \sqrt{R^2 - x^2} \cdot dx = Q \cdot \frac{\sqrt{R^2 - x^2}}{R} \cdot dx$$

$$E_{\text{сферы}, 0} = \sum_{i=1}^N E_{\text{кольца}}(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \left(Q \cdot \frac{\sqrt{R^2 - x^2}}{R} \cdot dx \right) \cdot \frac{x}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\sum_{i=1}^N \frac{(R^2 - x^2)^{\frac{1}{2}} \cdot x}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot dx \xrightarrow{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}} \int_0^R \frac{(R^2 - x^2)^{\frac{1}{2}} \cdot x}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} dx = \left| \sin A = \frac{x}{R} \right| =$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$\Rightarrow \int \frac{(R^2 - x^2)^{\frac{1}{2}} \cdot x}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} dx = \int \frac{\textcircled{*}}{(R^2 + R^2 \sin^2 A)^{\frac{3}{2}}} dx$$

$$\textcircled{*} = (R^2 - R^2 \sin^2 A)^{\frac{1}{2}} \sin A \cdot R \cdot (+R \cos A dA)$$

$$\Rightarrow \frac{+Q}{4\pi\epsilon_0 R} \cdot \int \frac{(R^2 - R^2 \sin^2 A)^{\frac{1}{2}} R^2 \cdot \sin A \cos A dA}{(R^2 + R^2 \sin^2 A)^{\frac{3}{2}}} \quad \underline{\underline{\text{см. см. нумер}}}$$



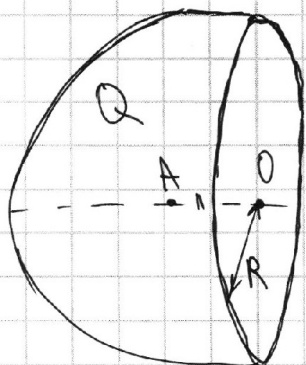
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

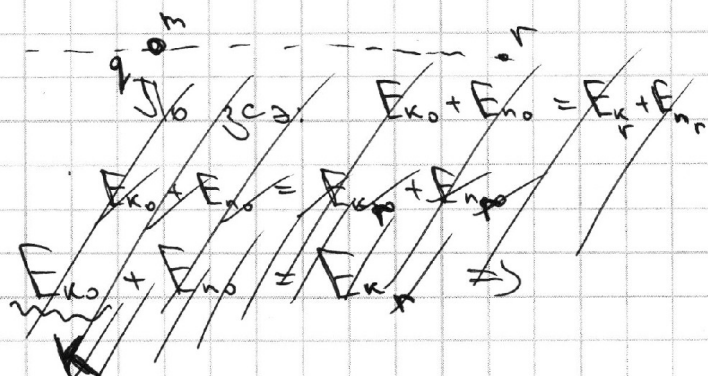
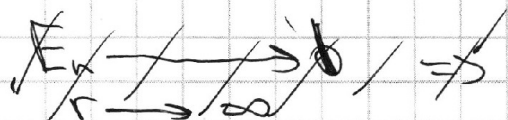
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N5



$r \gg R$

$V = ?$



~~≠ S / X /~~

при $r \gg R$: $E_{n-ср} \rightarrow E_{tot. зор.}$

$$\Pi_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Π_r - потенциальная энергия заряда на расстоянии r от 0

$$ЗСЭ: \Pi_0 + K = \Pi_r + K_r \Rightarrow$$

$$\Pi_0 + K = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\Pi_0 + K - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \right)}$$

$\Pi_0 = ?$

$\rightarrow E_0 = ?$



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!

$$\begin{aligned} &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \int \frac{\cancel{R^{\frac{3}{2}}} \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cancel{R} \cdot \sin \alpha}{\cancel{R^{\frac{3}{2}}} \cdot (1 + \sin^2 \alpha)^{\frac{3}{2}}} d\alpha = \\ &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \int \frac{\cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{(1 + \sin^2 \alpha)^{\frac{3}{2}}} d\alpha = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \int \frac{\sin \alpha - \sin^3 \alpha}{(1 + \sin^2 \alpha)^{\frac{3}{2}}} d\alpha = \\ &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \int \frac{1 - \sin^2 \alpha}{(1 + \sin^2 \alpha)^{\frac{3}{2}}} \sin \alpha d\alpha = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \int \frac{(1 - \sin \alpha)(1 + \sin \alpha)}{\sqrt{(1 + \sin \alpha)(1 - \sin^2 \alpha + \sin^2 \alpha)}} \sin \alpha d\alpha \end{aligned}$$

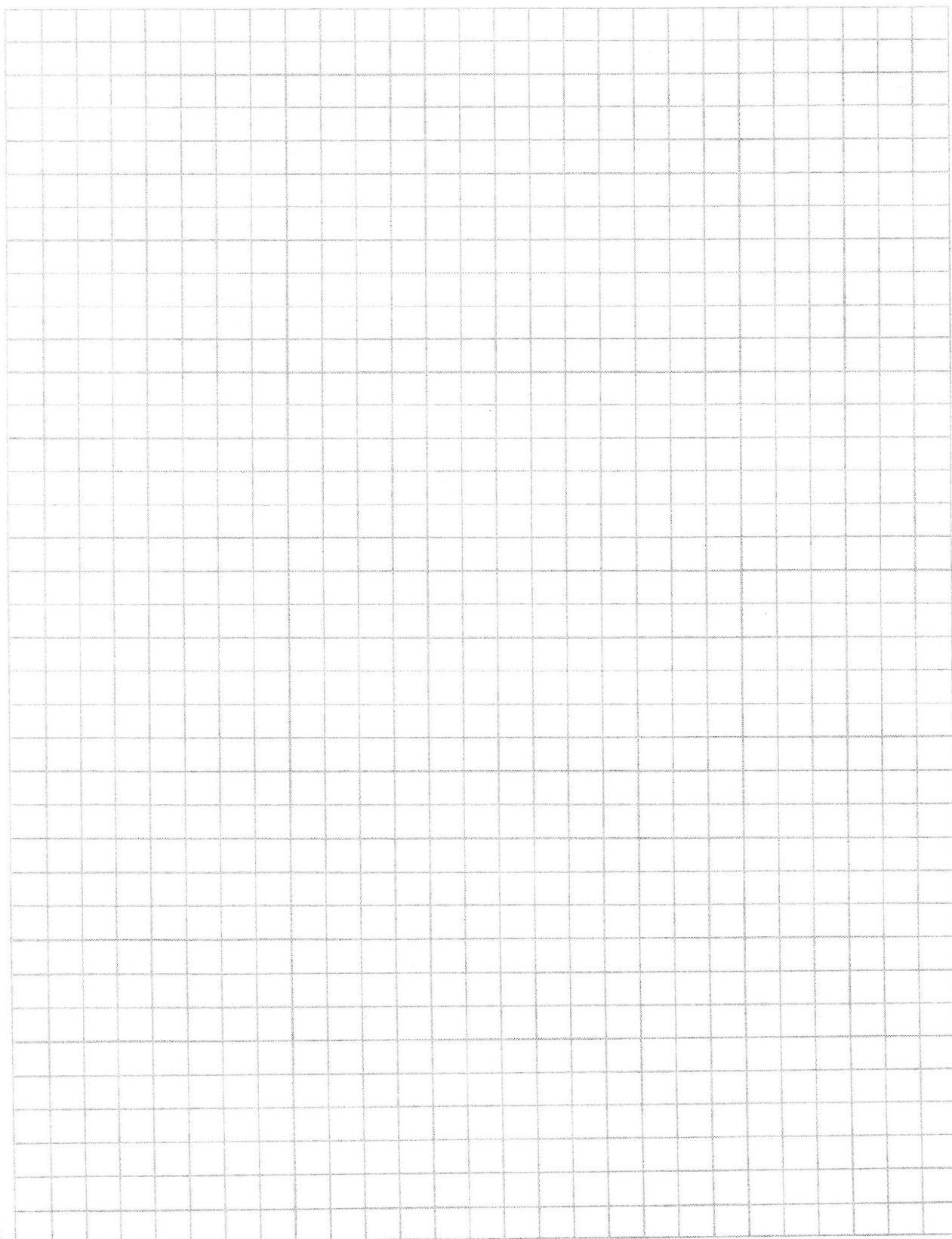


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!





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
__ ИЗ __

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!

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{A + \Delta U}{\Delta T}$$

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v} ; \quad p V^n = \text{const}$$

$$p = \text{const} \rightarrow n = 0 \Rightarrow C = C_p$$

$$V = \text{const} \rightarrow n = \infty \Rightarrow C = C_v$$

$$C_{p, \text{ном}} = \frac{p \Delta V + \frac{3}{2} p \Delta V}{\Delta T} = \frac{\frac{5}{2} p \Delta V}{\Delta T} = \frac{5}{2} R$$

$$C_{v, \text{ном}} = \frac{\frac{3}{2} p \Delta V}{\Delta T} = \frac{3}{2} R$$

$$\frac{C}{R} = 2,5 \Rightarrow C = 2,5 R = \frac{5}{2} R$$



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
☒

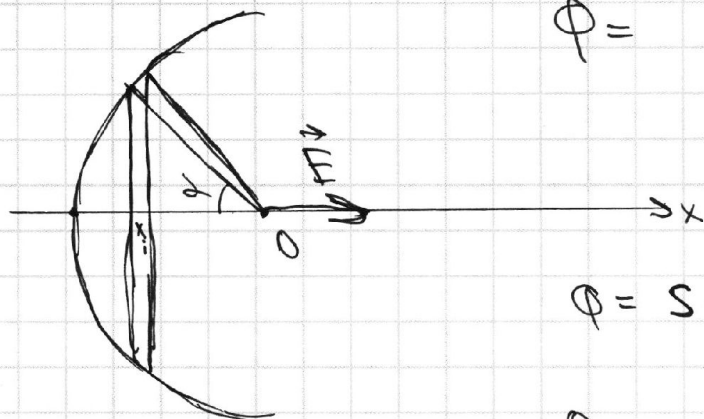
6
☒

7
☒

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

N 5

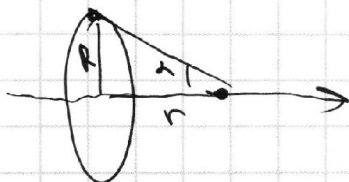


$$\Phi = \frac{Q}{E_0}$$

$$\Phi = S \cdot E \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{Q}{E_0} = S \cdot E \cdot \cos \alpha$$

$E_{\text{поверх}} =$



$$d\Phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot dS \cdot \cos \alpha}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$E_{(x)} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot x}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$$