



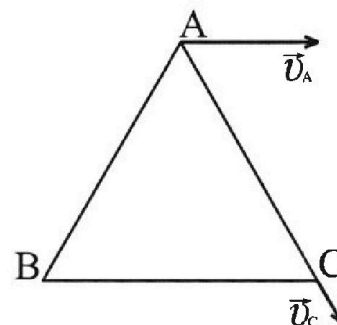
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

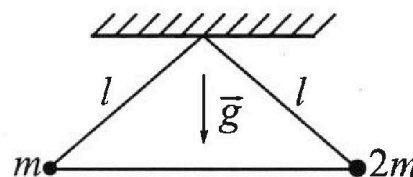
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

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. Шарiki скреплены с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарiki находятся 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.

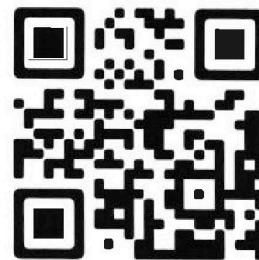
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



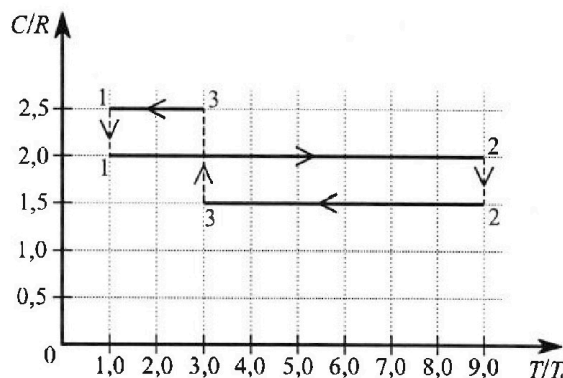
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

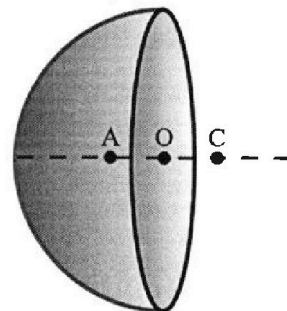


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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.

$$w_{\text{откл}} = \frac{|V_x - V_u|}{\Delta u} = \frac{V_x}{2 \frac{\sqrt{3}}{3} a} = \frac{V_a \sqrt{3}}{2a} \text{ л}$$



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!

6 оборотов это угол $\alpha = 2\pi \cdot 6 = 12\pi$

$$\omega = \omega_{\text{угл}} \cdot T \Rightarrow T = \frac{2}{\omega_{\text{угл}}} = \frac{12\pi \cdot 2a}{v_a \sqrt{3}}$$

$$= \frac{24a\pi}{v_a \sqrt{3}} = \frac{8\sqrt{3}a\pi}{v_a} \approx \frac{8\sqrt{3} \cdot 0,3 \cdot 3,14}{0,6} \approx 21,4 \text{ с.}$$

$$\approx 4\sqrt{3} \cdot 3,14$$

$$\sqrt{3} \approx 1,7$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 7,14 \\ \hline 12,56 \\ \times 21,7 \\ \hline 87,92 \\ 12,56 \\ \hline 21,352 \approx 21,4 \end{array}$$

т.к. $m \ll M_{\text{машины}}$
то скорости не зависят
от a .

3) т.к. все внешние силы вертикальны
 $V_B = 0$ всегда т.к. тело на ^{горизонт} плоскости $\Rightarrow$
 $a_{\text{угл}} = 0 \Rightarrow$ инерциальная система
отсчета

$$\text{В ней } V_{B_{\text{угл}}} = \text{const} \quad V_{\text{т.угл}} = V_{B_{\text{угл}}} = V_A - V_{\text{ш}} = \frac{v_x}{2}$$

В нач. $t=0$ $V_B = V_C$ т.к. они равноудалены

$$\text{от } K_{\text{ш}} \Rightarrow a_{\text{т.угл}} = 0 \Rightarrow a = a_{\text{ш}} \Rightarrow \frac{V_{B_{\text{угл}}}}{BM} =$$

$$BM = \frac{1}{2}a$$

$$= \frac{v_x^2}{4a} = \frac{v_x^2 \sqrt{3}}{4a}$$



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!

Решение задачи связано с движением

$$R_{\text{инд}} = m \cdot a_{\text{вращ}}.$$

$$a_{\text{в}} = a_{\text{вращ}}. \quad m \cdot R \cdot \omega^2 = U_c$$

$$R = m \cdot \frac{v_{\text{т}}^2 \sqrt{3}}{4a} = \frac{0,36 \cdot \sqrt{3}}{4 \cdot 0,5} \cdot 60^2 \cdot 10^{-6} \text{ Н} =$$

$$= 0,18 \sqrt{3} \cdot 10^{-4} \text{ Н} \approx 0,31 \cdot 10^{-4} \text{ Н} = 3,1 \text{ мкН}.$$

$$\sqrt{3} \approx 1,7$$

$$\begin{array}{r} 0,18 \\ \times 1,7 \\ \hline 126 \\ 18 \\ \hline 0,306 \end{array}$$

$$\text{Ответ: } U_c = 0,3 \text{ м/с}; \quad \tau = 21,4 \text{ с}; \quad R = 3,1 \text{ мкН}.$$

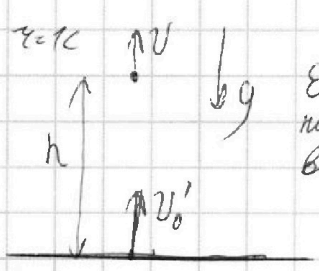


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 5

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!

$\tau = 10$ 

$h = \frac{v_0 + v}{2} \tau$

Если v направлена вверх.
 средняя скорость, т.к. движение равноускоренное.

$$3(7): \frac{m v_0'^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + m g h \Rightarrow v_0' = \sqrt{v^2 + 2 g h}$$

$$h = \frac{v_0' + \sqrt{v_0'^2 - 2 g h}}{2} \tau \Rightarrow \left(\frac{2 h}{\tau} - v_0' \right)^2 = v_0'^2 - 2 g h$$

$$\frac{4 h^2}{\tau^2} - \frac{4 h}{\tau} v_0' = -2 g h \Rightarrow v_0' = \frac{\frac{4 h^2}{\tau^2} + 2 g h}{\frac{4 h}{\tau}}$$

$$= \frac{h}{\tau} + \frac{2 g \tau}{2}$$

$$3(7): \frac{m v_0'^2}{2} = m g H$$

т.к. H - максимальная высота полета $\Rightarrow \dot{H} = 0 \Rightarrow v = 0$

$$H = \frac{v_0'^2}{2 g} = \frac{\left(\frac{h}{\tau} + \frac{g \tau}{2} \right)^2}{2 g}$$

$$= H' = \frac{\left(\frac{15 \text{ м}}{10} + \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 10}{2} \right)^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 20 \text{ м}$$

Если v направлена вниз, то (проверка не требуется)

$$h = \frac{v_0 - v}{2} \tau, \text{ т.к. } 3(7) \Rightarrow v = \sqrt{v_0'^2 - 2 g h} \Rightarrow h = \frac{v_0 - \sqrt{v_0'^2 - 2 g h}}{2} \tau \Rightarrow$$



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 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!

$$\Rightarrow (v_0' - \frac{2h}{\tau})^2 = v_0'^2 - 2gh$$

$$\Downarrow$$

$$v_0' = \frac{h}{\tau} + \frac{2gh}{2}$$

$$H = \frac{(\frac{h}{\tau} + \frac{2gh}{2})^2}{2g} = 20 \text{ м}$$

$$\Downarrow$$

$$H_1 = H_2 - \text{Н при разных случаях} \Rightarrow H = \frac{(\frac{h}{\tau} + \frac{2gh}{2})^2}{2g} = 20 \text{ м}$$

П.к. фрейерверк на максимальной высоте разорвется $\Rightarrow$ возможен только I случай, ведь во втором в $\tau = \tau_c$ фрейерверк уже летит вниз.

2) П.к. фрейерверк разваливается на максимальной высоте в ИСО $\vec{p} = \vec{0}$

$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{0}$ из ЗИ, где p_1 и p_2 - импульсы-оскорков т.к. как массы равны, то

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{0} \quad \vec{v}_1 = \vec{v}_0 \text{ (из общности)}$$

Пусть $\vec{v}_0$ направлена под углом α к горизонту.

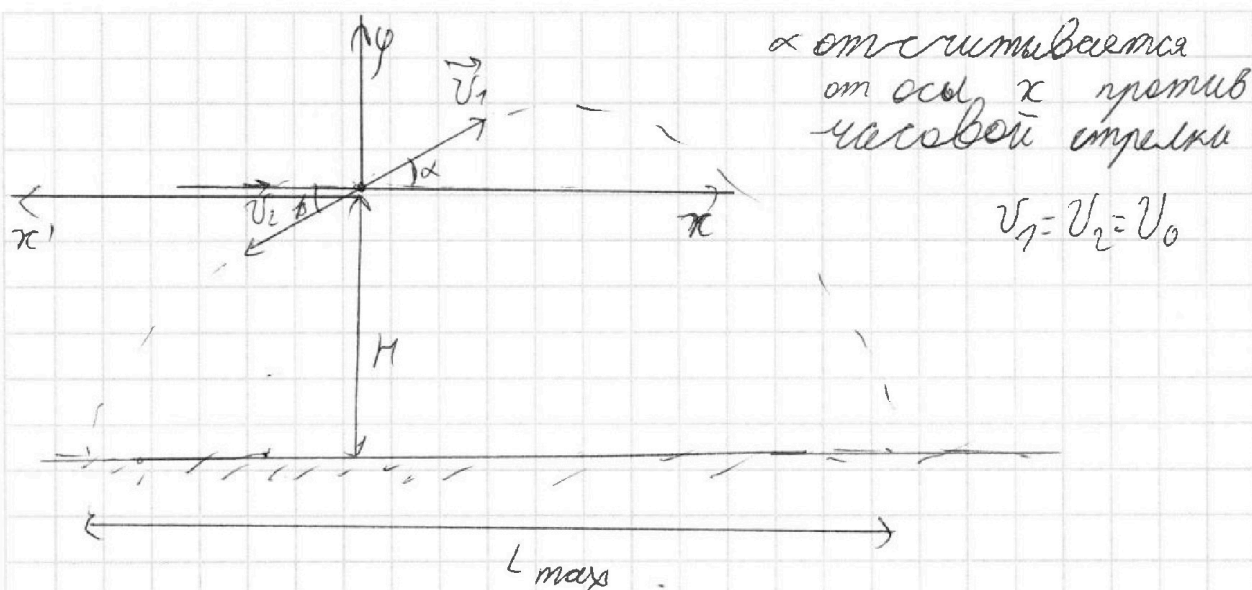


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 5

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!



Для v_1, v_2 Уравнения движения

I тела: $x: x = v_0 \cos \alpha t$

$$y: y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

t_1 время полета I тела

$$-H = v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$$

$$\frac{g}{2} t_1^2 - v_0 \sin \alpha t_1 - H = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{(2v_0 \sin \alpha)^2 + 2gH}}{g}$$

$t_1 > 0 \Rightarrow \text{берем } t_1$

$$t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{2v_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}}$$

$$x_1 = v_0 \cos \alpha t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha \cos \alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{2v_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}} \cos \alpha$$

$B = -2$

$$x_2 = -\frac{2v_0 \sin \alpha \cos \alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{2v_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}} \cos \alpha$$



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 5

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!

$$L = x + x' = 2 \cos \alpha \sqrt{\left(\frac{2V_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}}$$

$$L_{\max} \text{ при } L' = 0$$

$$\frac{dL}{d\alpha} = -2 \sin \alpha \sqrt{\left(\frac{2V_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}} + \frac{2 \cos \alpha}{2} \frac{\left(\frac{2V_0}{g}\right)^2 \cdot 2 \sin \alpha \cos \alpha}{\sqrt{\left(\frac{2V_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}}} =$$

$$= 0 \Rightarrow \left(\frac{2V_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g} = \left(\frac{2V_0 \cos \alpha}{g}\right)^2$$

$$\frac{2H}{g} = \left(\frac{2V_0}{g}\right)^2 \cos 2\alpha \Rightarrow \cos 2\alpha = \frac{Hg}{2V_0^2} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{Hg}{2V_0^2}\right) =$$

$$= \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{20 \cdot 10 \left(\frac{4}{2} + \frac{9 \cdot 2}{2}\right)^2}{4 \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{9 \cdot 2}{2}\right)^2}\right) = \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{1}{4}\right)$$

$$= \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{1}{4}\right)$$

$$L_{\max} = 2 \cos \alpha \sqrt{\left(\frac{2V_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}}$$

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

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1 + \cos 2\alpha}{2}}$$

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

$$\cos\left(\frac{1}{2} \arccos\left(\frac{1}{4}\right)\right) = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{4}}{2}} = \sqrt{\frac{5}{8}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{5}{2}}$$

$$\sin\left(\frac{1}{2} \arccos\left(\frac{1}{4}\right)\right) = \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{4}}{2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$L_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{5}{2}} \sqrt{\left(\frac{2V_0 \cdot \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{2}}}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{5}{2}} \cdot \sqrt{9 \cdot \frac{3}{2} + 4} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{5}{2}} \cdot \sqrt{\frac{35}{2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{35 \cdot 5}{2}} = \frac{5}{2} \sqrt{7} \text{ м}$$



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
5 ИЗ 5

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!

Ответ: $H = \frac{(\frac{4}{2} + \frac{9\sqrt{7}}{2})^2}{2g} = 20 \text{ м}; L_{\text{max}} =$
 $= \sqrt{\frac{5}{2}} \cdot \sqrt{\frac{3}{2}(\frac{26}{9})^2 + \frac{2H}{9}} = \text{в м} \cdot \frac{5\sqrt{7}}{2} \text{ м}.$

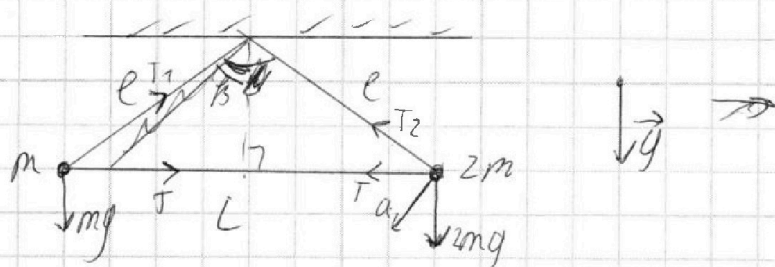


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
1 из 3

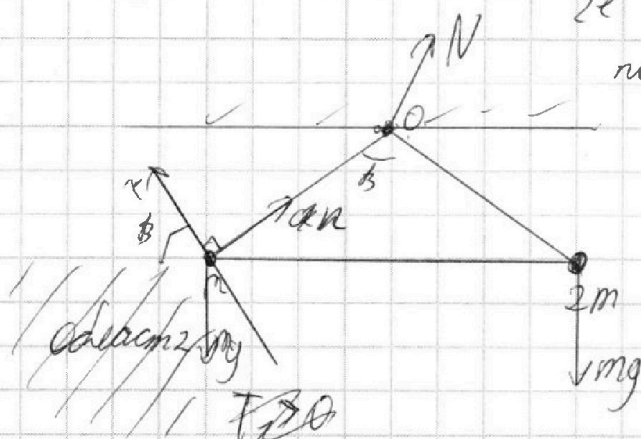
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



П.к. стержень легкий сила упругости
всегда направлена вдоль стержня

Если стержень провисает то $T_1 = 0$

$$L^2 = l^2 + z^2, \quad \sin \beta = \frac{L}{2l} = 0,6$$



положим сил от m
положим по часовой стрелке
 $M_{2mg} + M_{T2} > 0$

система будет
вращаться по часо-
вой стрелке от m.

$$a_{T2} > 0 \Rightarrow$$

$$\text{ЗН: } m\vec{a}_1 = \vec{T} + \vec{T}_1 + m\vec{g} \quad \text{п.к. 1}$$

$$\text{Ч: } ma_{1z} = T_z + mg_z \quad mg_z < 0 \Rightarrow T_z > 0$$

$$\text{Если } T_1 = 0 \Rightarrow \text{то } m\vec{a}_1 = \vec{T} + m\vec{g} \Rightarrow$$

направлено в область 2 на рисунке,
но тогда $a_L < 0 \Rightarrow$ нить должна растя-
гиваться, что невозможно



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 ☐

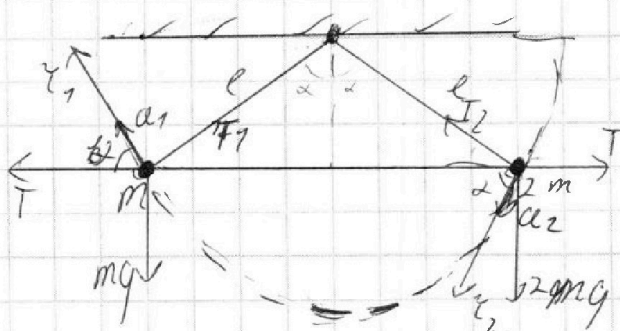
СТРАНИЦА
2 из 3

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!

⇒ есть натамута $\vec{a}_1 \uparrow \uparrow \vec{a}_2 \Rightarrow$

$$\alpha = \beta \Rightarrow \sin \alpha = \frac{L}{2L} = 0,6$$

2) Из куска нити шары m и $2m$
будут двигаться по окр с $R = L$.



из-за стержня

$$\vec{r}_1 = \vec{r}_2 \Rightarrow a_1 = a_2 = a$$

$$\vec{r}_1 = \frac{a_1}{L}$$

$$\text{3H: } \vec{r}_1: ma_1 = T \cos \alpha - mg \cos(90 - \alpha)$$

$$\vec{r}_2: 2ma_2 = -T \cos \alpha + 2mg \cos(90 - \alpha)$$

$$3ma = mgsin \alpha$$

$$a \neq a = \frac{gsin \alpha}{3} = \frac{g}{3 \cdot 3} = \frac{g}{6} = 2 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{gL}{6L}$$

$$T \cos \alpha = ma + mgsin \alpha = mgsin \alpha \frac{4}{3}$$

$$T = \frac{4}{3}mg \tan \alpha = \frac{4}{3}mg \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{4}{3}mg \cdot \frac{\frac{L}{2L}}{\sqrt{1 - (\frac{L}{2L})^2}} = \frac{4}{3}mg \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} =$$



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**.

☐☐☒☐☐☐☐

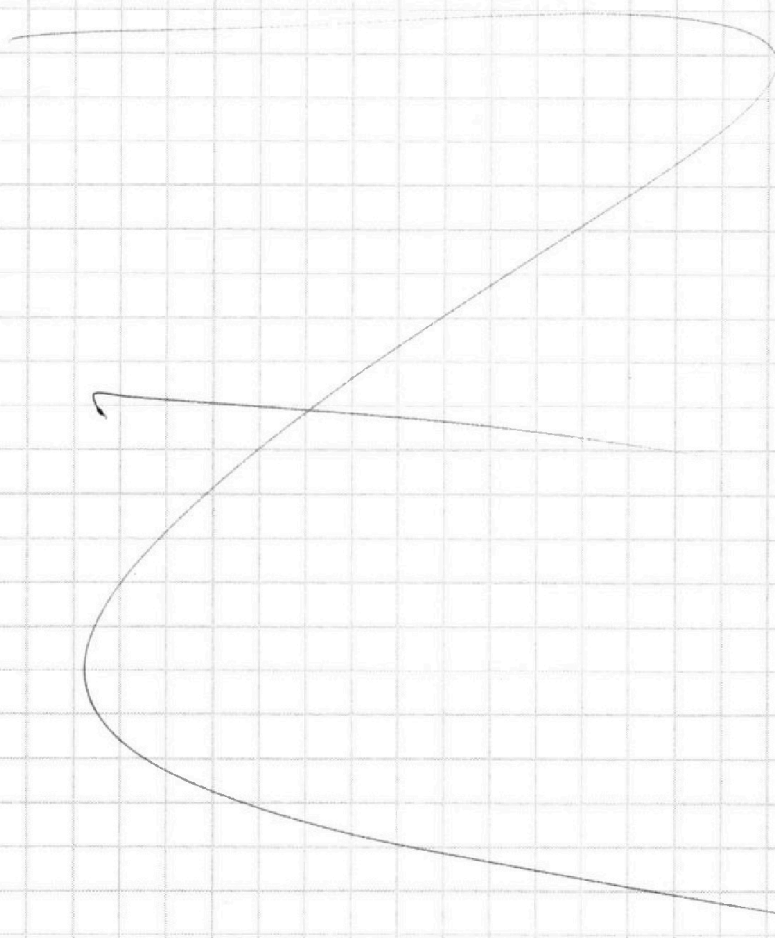
СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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!

$$= \frac{4}{3} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot \frac{0,6}{0,8} = 2 \text{ Н}$$

Отвечая: $\sin \alpha = 0,6 = \frac{L}{2l}$; $a_n = \frac{g L}{6 l} = \frac{g}{3} = 2 \text{ м/с}^2$

$$T = \frac{4}{3} m g \frac{\frac{L}{2l}}{\sqrt{1 - (\frac{L}{2l})^2}} = 2 \text{ Н}.$$





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!

№ 4.

т.к. раз 1 атомный $C = C_p = \frac{5}{2}R$ — при ~~изотермическом~~ ~~процессе~~ ^{процессе}.

$C = C_v = \frac{3}{2}R$ — из ~~изотермическом~~ ^{изотермическом} ~~процессе~~ ^{процессе}

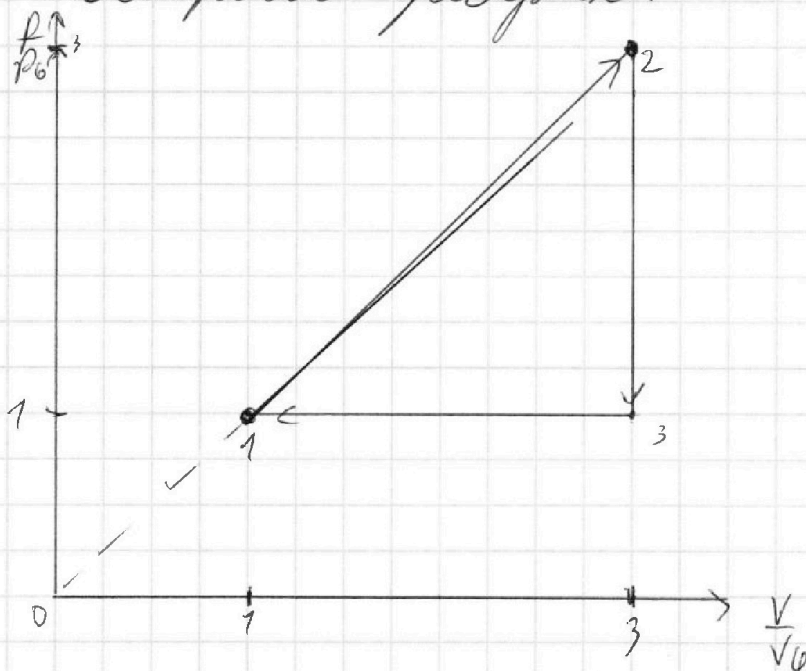
$$C = 2R = \frac{C_p + C_v}{2}$$

Показатель политроты

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{\frac{C_v - C_p}{2}}{\frac{C_p - C_v}{2}} = -1 \Rightarrow p = \text{const} - \text{прямая}$$

идущая через (0;0).

Построим график.



Процесс 1-2

идет по
прямой в $\frac{p}{p_0}, \frac{V}{V_0}$

$$\text{прох } \frac{p}{p_0} = \frac{V}{V_0}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 9 \Rightarrow \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 9$$

$$\frac{p_2 \cdot V_2}{p_0 \cdot V_0} = 9 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p_2}{p_0} = 3 \frac{V_2}{V_0} = 3$$

2-3 — изохора $p_3 = p_2 = 3p_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{1}{3} = \frac{p_1}{p_2} \Rightarrow p_3 = p_0$$



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
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!

Процесс 3-1- изобарный

Получаем такой цикл.

2) Тепло подводится на процессе 1-2- процесс расширения.

$$Q_1 = \nu \Delta T = 2 \nu R V \cdot (T_2 - T_1) = 16 \nu R T_0 = 3200 R \cdot 8,31 \text{ Дж} \approx$$

$$26,6 \text{ к Дж}$$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 3200 \\ \hline 25600 \\ + 2496 \\ \hline 26592,00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 200 \overline{) 83} \\ 166 \overline{) 002} \dots \end{array}$$

3) $A_{\text{запуска}} = |Q_1| - |Q_2|$ где Q_2 - отведенное тепло.

$$|Q_2| = \nu C_V (T_2 - T_3) + \nu C_P (T_3 - T_1) = \frac{7}{2} \nu R \left(\frac{3}{2} \cdot 61 + \frac{5}{2} \cdot 2 \right) =$$

$$= 14 \nu R T_0$$

$$A = |Q_1| - |Q_2| = 2 \nu R T_0 \quad - \text{ работа за цикл.}$$

$$A_{\text{з}} = N A = 50 \nu R T_0 = A_{\text{совершенный}} = 2 M g \cdot H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \frac{N 2 \nu R T_0}{2 M g} = \frac{50 \cdot 8,31 \cdot 200}{2 \cdot 10 \cdot 475,83} \text{ м} = \frac{831}{283} \cdot 20 =$$

$$= \left(10 + \frac{0,2}{83} \right) \text{ м} \approx 20,24 \cdot 10 \text{ м}$$



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
☐

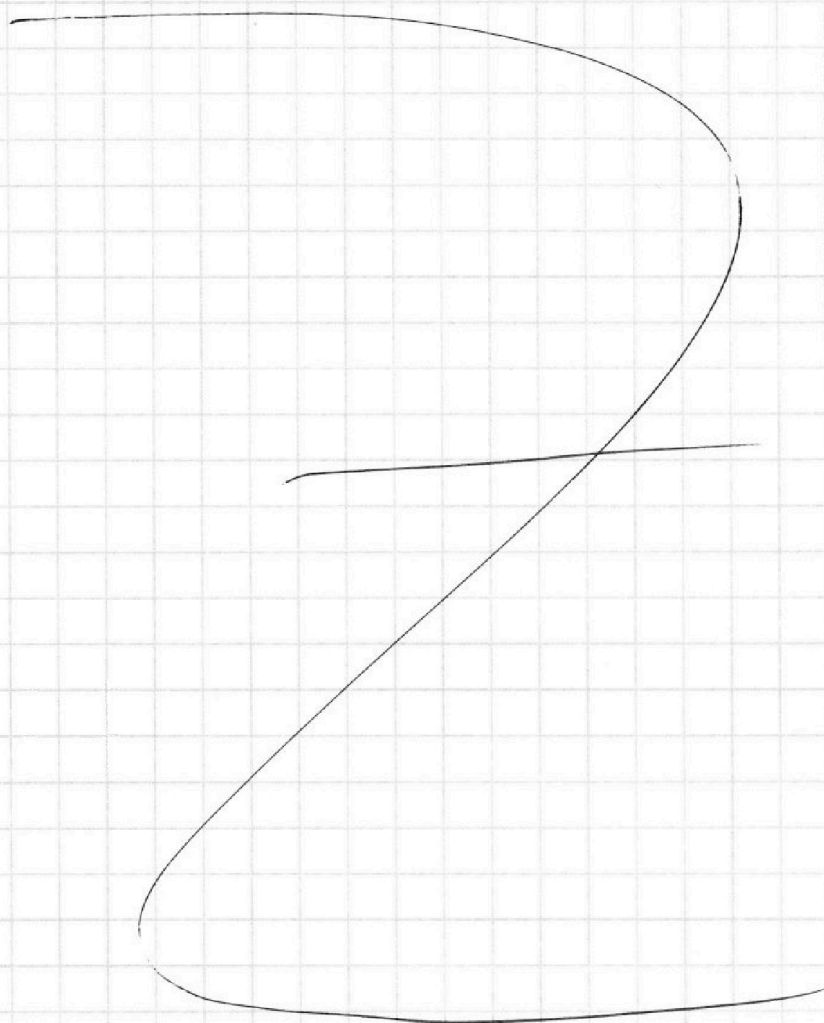
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
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!

Ответ: $Q \approx 26,6 \text{ кДж}$; $H \approx 10 \text{ м}$.





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
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!

В точке на большом расстоянии

$$\varphi_\infty = 0.$$

$$\varphi_\infty) \quad \text{В } m_0 \quad \varphi_{\infty} = \int_0^{\infty} \frac{q \, kdq}{R} \quad \text{т.к. } O - \text{центр полу-}$$

сферы $R =$

расстояние до каждой точки $= R$

$$\varphi_{\infty} = \frac{kq}{R}$$

$\vec{s}$ - переменная

$$\delta \overset{A}{\cancel{K}}_{\text{полн}} = (\vec{F}, d\vec{s}) = q (\vec{E}, d\vec{s})$$

$$d\varphi_x = (\vec{E}, d\vec{r}) \Rightarrow \delta \overset{A}{\cancel{K}}_{\text{полн}} = -q d\varphi$$

$$\overset{A}{\cancel{K}}_{\text{полн}} = +\Delta\varphi q$$

т.е.

$$3(\exists); K = -A_{\text{полн}} + K_{\text{конечное}}$$

$$K_{\text{кон}} = \frac{mV^2}{2} = K - A_{\text{полн}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2}{m} K + \frac{2q\Delta\varphi}{m}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2}{m} \left(K + \frac{kqQ}{R} \right)} = \sqrt{\frac{2kQ}{m} \left(1 + \frac{Qq}{R} \right)} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(K + \frac{Qq}{4\pi R\epsilon_0} \right)}$$

↑
константа $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
или энергия

$K_{\text{кон}}$ - кинетическая энергия на очень большом расстоянии от сферы



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) Мысленно раздвинули полусферу до сферы с зарядом $2Q$ и добавили полусферу с $-Q$ при наложении ситуация не изменится.

Внутри сферы $E=0 \Rightarrow \varphi_{\text{сферы}} = \text{const} = \frac{k \cdot 2Q}{R}$

$\varphi_{\text{с0}}$ - заряд от сферы в центре сферы.

$\varphi_{\text{сс}}$ - заряд от полусферы

φ изначально в т.т. потенциал

заряда от изначальной полусферы

φ_t

Когда мы раздвинули сферу мы получили также полусферу с зарядом $-Q$. ее потенциал в т.т.

$\varphi_{\text{сс}} = -\varphi_t$ т.к. т.т. для сферы с $+Q$ и

т.т. для сферы с $-Q$ - это точки

одинаково расположены от этих

сфер, но т.к. II сфера заряжена с

$-Q$: $\varphi_{\text{сс}} = -\varphi_t$



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!

$$\varphi_{\text{сз}} = \varphi_{\text{с0}} + \varphi_{\text{сг}} = \frac{2Qk}{R} + \varphi_{\text{т}} = \frac{2Q}{2\pi R\epsilon_0} + \varphi_{\text{т}}$$

3(7) для m, t и $m0$.

$$K \equiv \Delta \varphi q = 0 = K + \Delta \varphi q = K + \Delta \varphi q$$

$$K + (\varphi_{\text{т}} - \varphi_0)q = 0 \quad \varphi_0 = \frac{kQ}{R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$k = \frac{kqQ}{R} - \varphi_{\text{т}}q \Rightarrow \varphi_{\text{т}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{k}{q}$$

3(7): для $m0$ и $m0C$

$$K = \frac{mV_c^2}{2} - A_{\text{появ}}'' = \frac{mV_c^2}{2} + \Delta \varphi'' q = \frac{mV_c^2}{2} + (\varphi_{\text{т}} - \varphi_0)q =$$

$$= \frac{mV_c^2}{2} + \left(\frac{kQ}{2\pi\epsilon_0 R} - \varphi_{\text{т}} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \right) q = \frac{mV_c^2}{2} + \frac{k}{q} q \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{mV_c^2}{2} = 2k \Rightarrow V_c = \sqrt{\frac{4k}{m}}$$

$$\text{Ответ: } V = \sqrt{\frac{2}{m} \left(k + \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R} \right)}; V_c = \sqrt{\frac{4k}{m}}$$



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
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!

Черновик
№ 5

Найдем напряженность кольца на расстоянии z по оси вращения.
 dq - маленький угол из симметрии

dE_0 - направлено вдоль $z \Rightarrow$

$$dE_0 = dE \cos \alpha$$

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

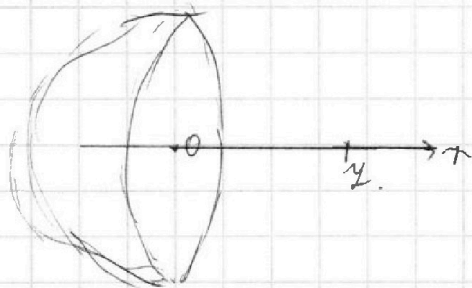
$$dE = \frac{k dq}{z^2 + R^2} = k$$

$$\int_0^{E_0} dE_0 = \int_0^Q \frac{k dy \cdot z}{(z^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{k Q z}{(z^2 + R^2)^{3/2}} \quad \text{где } Q - \text{заряд}$$

кольца.

рассмотрим полусферу ее центр $m O$.

мы находимся на оси вращения z на расстоянии z от $m O$.





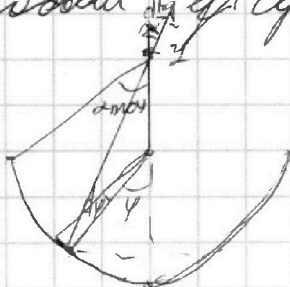
На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА
5 ИЗ 5

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!

Черновик.
Зададим да сферу на колески. ϵ - поверхностная плотность заряда



$$dS = 2\pi R \cdot R d\varphi$$

$$dE_0 = dE \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{z - R \cos \varphi}{\sqrt{(z - R \cos \varphi)^2 + (R \sin \varphi)^2}}$$

$$\int_0^{E_0} dE_0 = \int_0^{2\pi} \frac{(z - R \cos \varphi) \cdot 2\pi k \epsilon R^2 d\varphi}{\left((z - R \cos \varphi)^2 + (R \sin \varphi)^2 \right)^{3/2}}$$

$$= 2\pi k \epsilon R^2 \int_0^{2\pi} \frac{(z - R \cos \varphi) d\varphi}{(z^2 - 2zR \cos \varphi + R^2)^{3/2}}$$

$$A = (E, dS) = \oint E_{\parallel} dS$$

$$E = -\partial \varphi / \partial x$$

$$\Delta \varphi = (E, dx)$$

$$A = -\frac{kQq}{R}$$

$$k + A = k_{\text{н}}$$



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
__ 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!

