



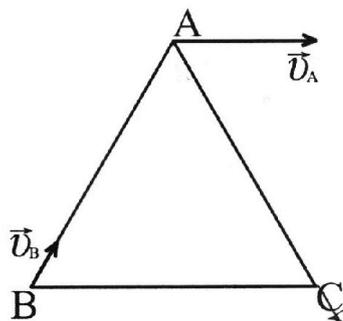
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 10-02

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  $v_A = 0,8$  м/с, а скорость  $\vec{v}_B$  вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника  $a = 0,4$  м.



1. Найдите модуль  $v_B$  скорости вершины B.

2. За какое время  $\tau$  пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

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

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

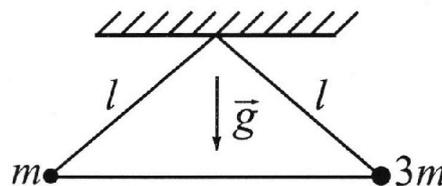
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте  $H$  разорвался фейерверк, если известно, что на высоте  $h = 11,2$  м фейерверк летел со скоростью  $V = 4$  м/с? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте  $H$  фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью  $V_0 = 16$  м/с. Направление вектора  $\vec{V}_0$  скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

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

3. Два шарика с массами  $m = 80$  г и  $3m$  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  $\alpha$  с горизонтом образует вектор  $\vec{a}_2$  ускорения шарика массой  $3m$  сразу после освобождения системы? В ответе укажите  $\sin \alpha$ .

2. Найдите модуль  $a_2$  ускорения шарика массой  $3m$  сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

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



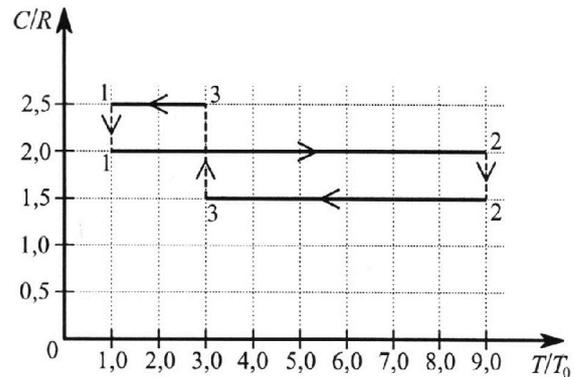
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой  $\nu = 3$  моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче,  $T_0 = 270$  К.

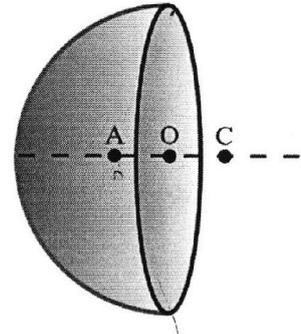


1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу  $A_1$  газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту  $H$  подъемник медленно переместит груз массой  $M = 250$  кг за  $N = 15$  циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, 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  $q$ . Частица движется по прямой АС и на большем по сравнению с  $R$  расстоянии от точки О скорость частицы равна  $V$ . Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.



1. Найдите скорость  $V_O$  частицы в точке О. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость  $V_C$  частицы в точке С.

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

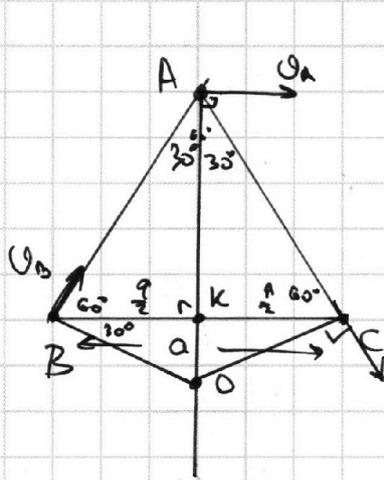


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 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!



$$v_A = 0,8 \text{ м/с}; a = 24 \text{ м};$$

1) Так как треугольник равнобедренный  $\rightarrow$  все его углы равны  $60^\circ$

2) Чтобы установить ось вращения: проведем перпендикуляр к вектору скорости, если самый короткий путь пересечения  $O$ , то она им и является

3) Так как  $AO \parallel BC \Rightarrow AO$  — перпендикуляр к  $BC \Rightarrow AO$  — медиана и высота  $\Delta ABC$ ; 3.1)  $\angle KBO = \angle ABO - \angle ABK = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

3.2)  $BK = KC$  или  $AK$  — медиана и высота равна  $AK \Rightarrow BK = KC = a/2$

3.3)  $\rightarrow$  ~~cos 30~~  $\cos 30 = \frac{BK}{BO} \Rightarrow BO = \frac{BK}{\cos 30} = \frac{2BK}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}BK}{3}$

3.4)  $\cos 30 = \frac{AO}{AB} \Rightarrow AO = \frac{AB}{\cos 30} = \frac{2\sqrt{3}AB}{3}$

4) Чтобы установить скорость вращения так как ось вращения:  $(AB = a)$

$$\omega = \frac{v_A}{AO} = \frac{3v_A}{2\sqrt{3}AB} = \frac{\sqrt{3}v_A}{2a}$$

4.1) Используем путь при скорости между точками B:  $(BK = \frac{a}{2})$

$$v_B = \omega \cdot BO = \frac{\sqrt{3}v_A}{2a} \cdot \frac{2\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{a}{2} = \frac{\sqrt{3}v_A}{\sqrt{3} \cdot 2} = \frac{v_A}{2} = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ м/с}$$

5) Чтобы установить скорость и направление точки в точке C:

$KO$  — ось;  $KC = KB$  и  $\angle OKC = \angle OKB \Rightarrow \Delta KOC = \Delta KOB \Rightarrow$

$\angle KCO = \angle KBO = 30^\circ \Rightarrow$  скорость  $\vec{v}_C$  по направлению вдоль стороны  $AC$  или  $\angle OCA = 90^\circ$ ,  $\Rightarrow$  все скорости перпендикулярны оси  $AO$



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

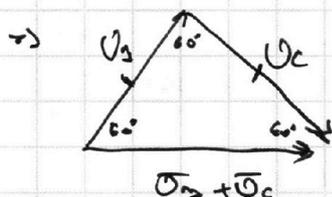
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

6)  $OC \geq BO \Rightarrow v_c = \omega OC \geq \omega OB \geq v_b = 20,4 \text{ м/с}$

7) Между шарами в с.о земли масса мала:

~~ЗМ  $\vec{v}_{zm} = \vec{v}_A + \vec{v}_B + \vec{v}_C$~~  (масса шаров можно равному расценить в 3 мн А, В, С)  $\Rightarrow$

$$3M \vec{v}_{zm} = \frac{m\vec{v}_A + m\vec{v}_B + m\vec{v}_C}{3} \Rightarrow v_{zm} = \frac{v_A + v_B + v_C}{3}$$



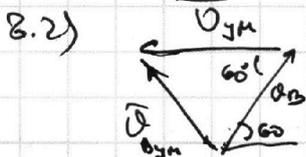
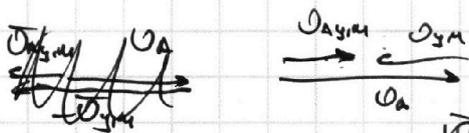
$\Rightarrow |v_B + v_C| = |v_A|$  м.н. равном  
мгн

$$|v_B + v_C + v_A| = |v_A| + |v_B| \geq 0,8 + 0,4 = 1,2 \text{ м/с}$$

$$\frac{v_B + v_C}{3} + v_A \Rightarrow |v_{zm}| = \frac{|v_B + v_C + v_A|}{3} = \frac{1,2}{3} \geq 0,4 \text{ м/с}$$

8) Херату в с.о земли масса и между шарами А, В, С:

8.1)  $|v_{Azm}| = |v_A| - |v_{zm}| = 0,8 - 0,4 = 0,4 \text{ м/с}$

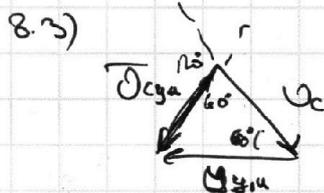


~~$$|v_{zm}| = \sqrt{v_B^2 + v_C^2} - (2v_A)(v_{zm} \cos 60^\circ)$$~~

$$= \sqrt{0,16 + 0,16} - 2 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot \frac{1}{2} = \sqrt{0,32} - 0,16 = 0,48$$

м.н  $\angle (v_{zm}, v_A) = 60^\circ$  (по к. мр.)

т.е.  $|v_{zm}| = |v_B| \Rightarrow \angle (v_{zm}, v_C) = \angle (v_{zm}, v_B)$



$$|v_B| = |v_{zm}| \Rightarrow |v_{zm}| = |v_C| = |v_{zm}|$$

м.н  $\angle (v_B, v_{zm}) = 60^\circ$  (по к. мр.)



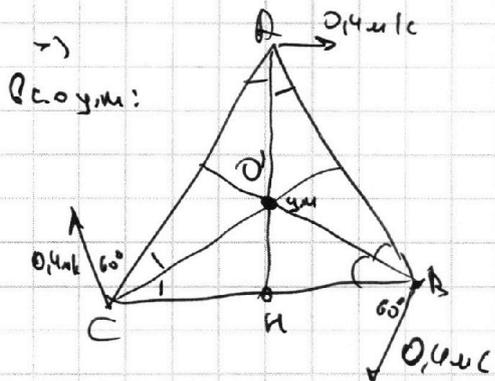
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!

8) Центр масс треугольника найди в точке на оси  $BC$



9.1) Высота равна высоте /  
высоты / медиана равносторон  
треугольн :  $(AC = AB = CB = a)$   
 $\sin 60 = \frac{AH}{AC} \Rightarrow AH = a \sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2} a$

9.2) Точка на оси  $BC$  делит ее в отношении  $2:1$  от

вершины  $\Rightarrow \frac{AO'}{O'H} = \frac{2}{1} \Rightarrow AO' = 2O'H$

$\Rightarrow AO' + \frac{AO'}{2} = AH \Rightarrow \frac{3}{2} AO' = AH \Rightarrow AO' = AH \cdot \frac{2}{3} = \frac{a\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{a\sqrt{3}}{3}$

9.3) Заметим, что все скорости направлены под углом  $30^\circ$  к оси  $BC$  и точка масс на оси  $BC$   $O' = O'B \cos 60$  и  $(O' \text{ на } BC)$

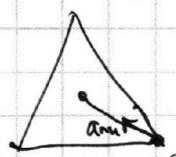
$\Rightarrow \frac{v_{O' \text{ на } BC}}{AO'} = \frac{0,4 \cdot v}{\frac{a\sqrt{3}}{3}} = \frac{0,4 \cdot v}{0,4} = \sqrt{3}$

$\Rightarrow \omega \cdot 0,4 = \omega_0 r \Rightarrow r = \frac{2\pi \cdot 0,4}{\omega_0} = \frac{0,8\pi}{\sqrt{3}}$

6) А.С.о. Тлассита (данный элемент времени

движения по окружности с  $\omega_{\text{пл}}$  и  $\omega_{\text{вращ}}$  или вращающейся

с угловой скоростью  $\omega_0$  она движущаяся  $\omega_{\text{пл}} \Rightarrow$    
  $\omega_{\text{пл}} = \omega_0 \cos 30$    
  $\omega_{\text{вращ}} = \omega_0 \sin 30$    
  $R = O'A = \frac{a\sqrt{3}}{3}$



$\Rightarrow R = \text{малч} \Rightarrow R = \text{мтн} \cdot a_0 = \omega_0 \text{мтн} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{60}{1000 \cdot 10} \cdot (\sqrt{3})^2 \cdot \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{60 \cdot 3 \cdot 0,4}{10.000} = \frac{720 \cdot 0,4}{10.000} = \frac{288}{10.000} = 0,0288 \sqrt{3} \text{ м}$

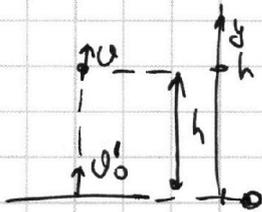


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1) Запишу зависимость координата фреерверка от времени по оси t на Oy:

$$y = U_0' t - \frac{g t^2}{2}$$

2) Пусть масса фреерверка m, запишу закон сохранения энергии (фреерверки запущены вертикально - вектор скорости направлен вдоль Oy): (Каждому t=0 координата энергии (U\_0' - скорость в начале) пишу за 0):

$$\frac{m U_0'^2}{2} = \frac{m U^2}{2} + mgh$$

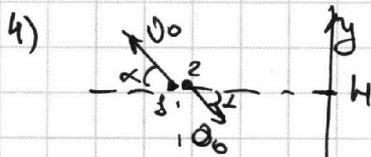
$$\Rightarrow U_0'^2 = U^2 + 2gh \Rightarrow U_0' = \sqrt{U^2 + 2gh} = \sqrt{16 + 20 \cdot 11,2^2}$$

$$= \sqrt{16 + 224} = \sqrt{240} = 4\sqrt{15} \text{ м/с}$$

3) Высота времени разрыва фреерверка (Этот процесс в вертикальной плоскости, когда со скоростью движется)  $\Rightarrow$

$$O_y = U_0' - gt \Rightarrow O_y \geq 0 \Rightarrow gt \leq U_0' \Rightarrow t \leq \frac{U_0'}{g}$$

$$\Rightarrow H = U_0' t - \frac{g t^2}{2} = \frac{U_0'^2}{g} - \frac{U_0'^2}{2g} = \frac{U_0'^2}{2g} = \frac{240}{20} = 12 \text{ м}$$



4.1) И.к. во время t=H/g=0  $\Rightarrow$  сумма импульсов двух осколков после разрыва  $\Rightarrow$  и.к. ускорения масс взятых маленькими посылками  $\Rightarrow$  скорости осколков будут равны и противоположно направлены



5) Запишу уравнения для каждого осколка:

$$y_1 = H + U_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x_1 = U_0 \cos \alpha t$$

$$y_2 = H - U_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x_2 = U_0 \cos \alpha t$$



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  
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!

6) Рассмотрим путь килем равно бачко макс.

при парении, когда  $L_x$  - проекция в  $OX$  расет.  $g$  вертикали где  $g$  равно осколка!

$$1: H + v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow \frac{gt^2}{2} - v_0 t \sin \alpha - H = 0$$

$$D = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

(один время - как не инт. (момент в прошлом))

$$2: H - v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow \frac{gt^2}{2} + v_0 t \sin \alpha - H = 0$$

$$D = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH \Rightarrow t_2 = \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} - v_0 \sin \alpha}{g}$$

(один время как не инт. (момент в будущем))

$$\Rightarrow L_{x1} = v_0 \cos \alpha t_1 \quad L_{x2} = v_0 \cos \alpha t_2$$

$$\Rightarrow L = L_{x1} + L_{x2} = v_0 \cos \alpha (t_1 + t_2) = v_0 \cos \alpha \left( \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} + \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} - v_0 \sin \alpha}{g} \right)$$

$$= \frac{2v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} = \frac{2v_0}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha}$$

7) чтобы  $L$  было максимальным корень более равен был максимальным  $\Rightarrow$

$$0 = \sqrt{v_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha} = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha - v_0^2 \cos^4 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha}$$

$$\Rightarrow (0)_{\alpha} = 0 \Rightarrow -2v_0^2 \cos^2 \alpha \sin \alpha + 4v_0^2 \cos^2 \alpha \sin \alpha - 4gH \cos^2 \alpha \sin \alpha = 0$$

$$2v_0^2 + 4gH = 4v_0^2 \cos^2 \alpha \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2}$$

$$\Rightarrow L_{\max} = \frac{2v_0}{g} \sqrt{\frac{v_0^2 + 2gH}{2} - \frac{(v_0^2 + 2gH)^2}{4v_0^2} + 2gH \left( \frac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2} \right)}$$

$$= \frac{2v_0}{g} \sqrt{\frac{2v_0^4 + 4gHv_0^2 - v_0^4 - 4gHv_0^2 + 4g^2H^2 + 4gHv_0^2 + 8g^2H^2}{4v_0^2}} = \frac{\sqrt{v_0^4 + 4gHv_0^2 + 4g^2H^2}}{g}$$

$$= \frac{v_0^2 + 2gH}{g} = \frac{16^2 + 20 \cdot 12}{10} = \frac{256 + 240}{10} = \frac{496}{10} = 49,6 \text{ м}$$

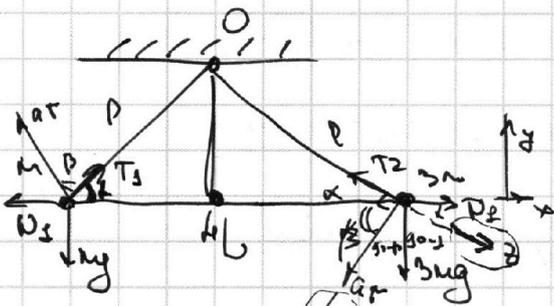


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 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!



$$L = 1,2P$$

1) Скорость перемещения по окружности равно 0, а значит все силы направлены на центр масс  $\Rightarrow a_{\tau} = 0 \Rightarrow a_{\tau} = 0$

2) Запису м. косинусов для треугольника и найду  $\angle$ :

$$r^2 + L^2 - 2rL \cos \angle = r^2$$

$$2rL \cos \angle = L^2$$

$$\cos \angle = \frac{L}{2P}$$

$$\cos \angle = \frac{1,2P}{2P} = 0,6 \Rightarrow \sin \angle = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

~~3) Запису для силы на ось OX:~~  
 ~~$T \cos \angle = T_2$~~

2) Запису, что после отбрасывания в сум перемещим ч. квесом. нити все конструкции элемент только качки вращаются от оси O, т.к. скорости точек вкачалки нити равны 0  $\Rightarrow$  у нас будет только максимальная компонента ускорения

компонента ускорения  $\Rightarrow$  скорость угла  $\dot{\varphi} = \omega \sin \angle \Rightarrow \sin \angle = \cos \angle = 0,6$   
3) запишем сил на ось z:  
 $N \cos \angle + 3mg \sin \angle = T_2$  ; на ось K:  
 $3m a_{\tau} = 3mg \sin \angle - N \sin \angle$



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.

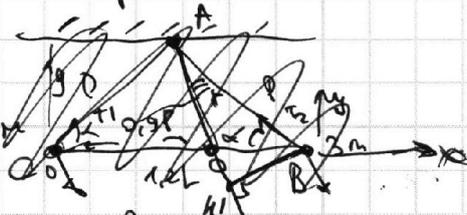
- 1  2  3  4  5  6  7

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!

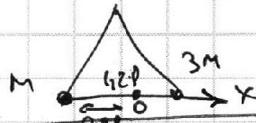
4) Укажите центр масс системы из трех шаров ~~и~~ сферич.

шаров:



$$\Rightarrow \frac{3m \cdot 1,2P + 4m \cdot 0 + 3m \cdot 0}{4m} = 0,9P$$

O - точка центра масс



5) Задача, это на систему из трех сферич.

шаров действует какой-то сила в виде A и это

показывает шаров  $\Rightarrow$  центр масс будет находиться на

на систему не действует в виде сил  $\Rightarrow$

AO - ось вращения где находится система

$$3m\vec{a} = 3m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_2 \quad \text{— закон Ньютона для центра}$$

6) Опущу перпендикуляр из точки B на AO;  $\angle \alpha$

7) М. синусов для  $\triangle AOB$ :

$$\frac{\sin \alpha}{AO} = \frac{\sin \beta}{OB} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{OB}{AO} \sin \beta$$

н. косинус для  $\triangle AOB$ :

$$AO = \sqrt{OB^2 + AB^2 - 2OB \cdot AB \cos \alpha} = \sqrt{0,9P^2 + P^2 - \frac{12}{10} \cdot P \cdot \frac{9}{10} P} =$$

$$\approx P \cdot \sqrt{1,09 - 0,96} = \sqrt{0,13} P \Rightarrow \sin \alpha = \frac{0,9P}{\sqrt{0,13} P} \cdot 0,8 = \frac{0,24}{\sqrt{0,13}}$$



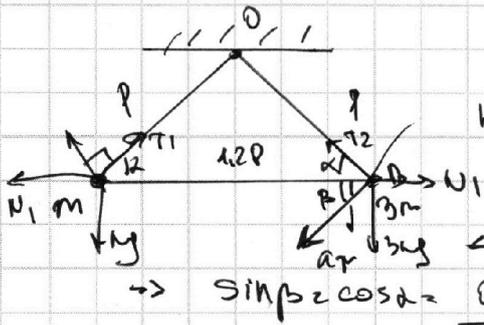
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Оказано  $\Rightarrow$  указе если только максимальное ускорение при этом вращении равно 0:



б) Две шарика  $3m$  и  $4m$  будут наклонены перпендикулярно радиусу вращ.  $\beta = 90^\circ$

$\Rightarrow \sin \beta \cos \alpha = 0,6$

$\Rightarrow$  если шарик  $3m$   $\Rightarrow \sin \beta \cos \alpha = 0,6$   
 $\Rightarrow$  если шарик  $4m$   $\Rightarrow \sin \beta \cos \alpha = 0,6$

7) Ускорения шариков  $3m$  и  $4m$  будут больше радиуса или меньше  $\Rightarrow N_1 = 3m a_x = 3m a_z \cos \beta = 3m a_z \sin \alpha$

$3m a_x = T_2 \cos \alpha - N_1$      $m a_x = N_1 - T_1 \cos \alpha$      $= 8 \cdot 9,8 \cdot \frac{100}{8} \cdot \frac{1}{10} = 98$

$3m a_y = 3m g - T_2 \sin \alpha$      $m a_y = m g - T_1 \sin \alpha$      $= 0,04 \cdot 10 \cdot 9,8 = 3,92$   
 $= 0,32H$

~~$T_2 \sin \alpha + T_1 \sin \alpha = 4m g$~~      $4m a_x$

$3m a_z = 3m g \sin \alpha - N_1 \cos \alpha = 3m g \cos \alpha - N_1 \sin \alpha$

~~$4m a_x = 4m a_z = T_2 \cos \alpha - T_1 \cos \alpha = (T_2 - T_1) \cos \alpha$~~

$3N_1 - 3T_1 \cos \alpha = T_2 \cos \alpha - N_1 \Rightarrow 4N_1 = (T_2 + 3T_1) \cos \alpha$

~~$4m a_y = 4m g = \frac{m a_y + 3m a_y}{4m} = a_y$~~

$\Rightarrow 4m a_y = 4m g - (T_1 + T_2) \sin \alpha$

$4N_1 = 4T_2 \cos \alpha \Rightarrow N_1 = T_2 \cos \alpha$

$a = g \cos \alpha - \frac{N_1 \sin \alpha}{3m} =$

Ответ:  $\sin \beta = 0,6$ ;  $a = \frac{100}{8} \cdot \frac{1}{10} = 12,5$



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!

0 1) Раз орнормальной  $\rightarrow i=3$

1.1) Углы мембраны для изобарного процесса:

$$Q = p_0 (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} \quad p_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2} \Rightarrow V_1 = \frac{\nu R T_1}{p_0} \quad V_2 = \frac{\nu R T_2}{p_0}$$

$$\Rightarrow Q = p_0 \left( \frac{\nu R T_2 - \nu R T_1}{p_0} \right) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

$$= \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow C_{\text{от}} = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow C_{12} = \frac{5}{2} \nu R$$

$\Rightarrow$  мембраны разорвет при  $p = \text{const}$   $C_p = \frac{5}{2} \nu R \Rightarrow 3 \rightarrow 1$  изобара  
и  $C_v = \frac{3}{2} \nu R$

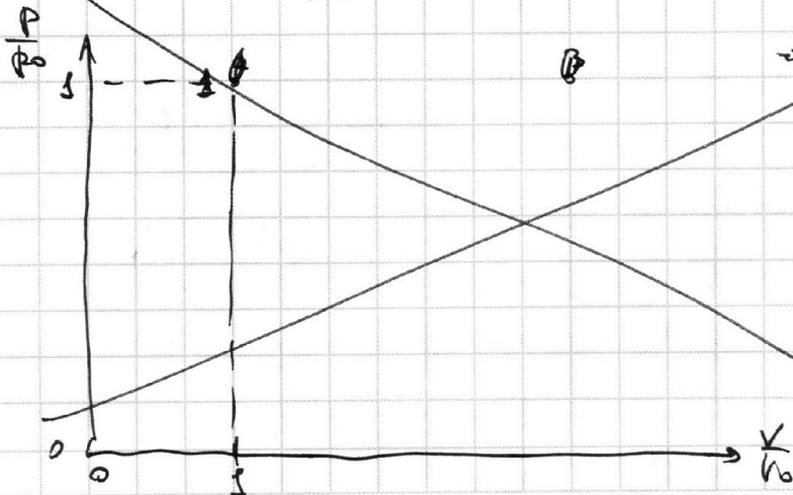
2) Углы мембраны для  $V = \text{const}$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_0} \quad p_2 = \frac{\nu R T_2}{V_0} \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 V_0}{\nu R} \quad T_2 = \frac{V_0 p_2}{\nu R}$$

$$\Rightarrow \delta Q = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + 0 \Rightarrow C_{\text{от}} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow C_{21} = \frac{3}{2} \nu R$$

$\Rightarrow$  мембраны разорвет при  $V = \text{const}$   $C_v = \frac{3}{2} \nu R \Rightarrow 2 \rightarrow 3$   $V = \text{const}$   
и  $C_p = \frac{5}{2} \nu R$

3) Термический график в координатах  $\frac{p}{p_0}$  vs  $\frac{V}{V_0}$ :



$\Rightarrow$  из графика видно, что  
3  $\rightarrow$  1 - изобара  $p = \text{const}$   
2  $\rightarrow$  3 -  $V = \text{const}$

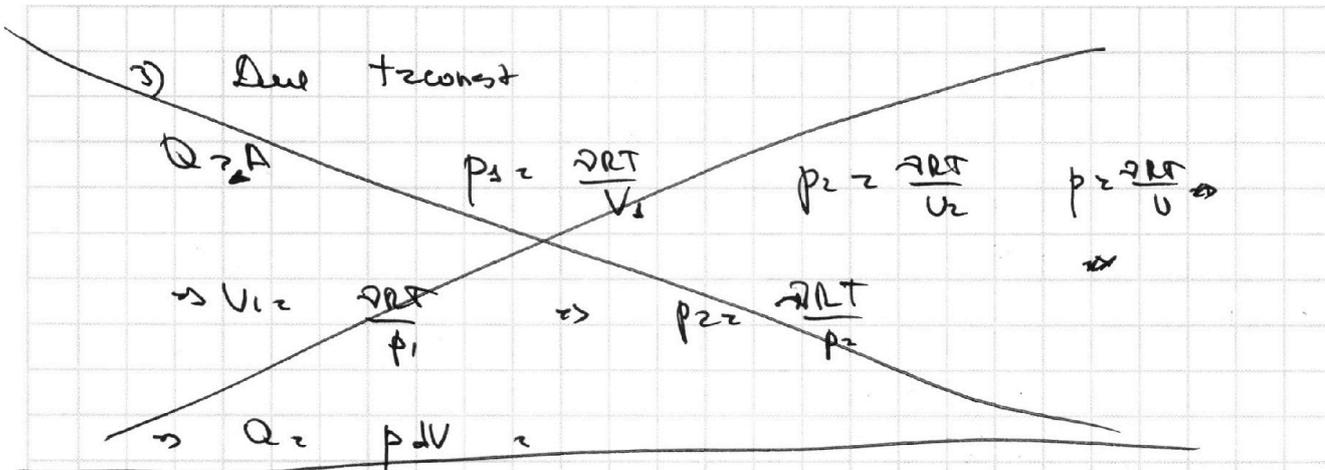


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

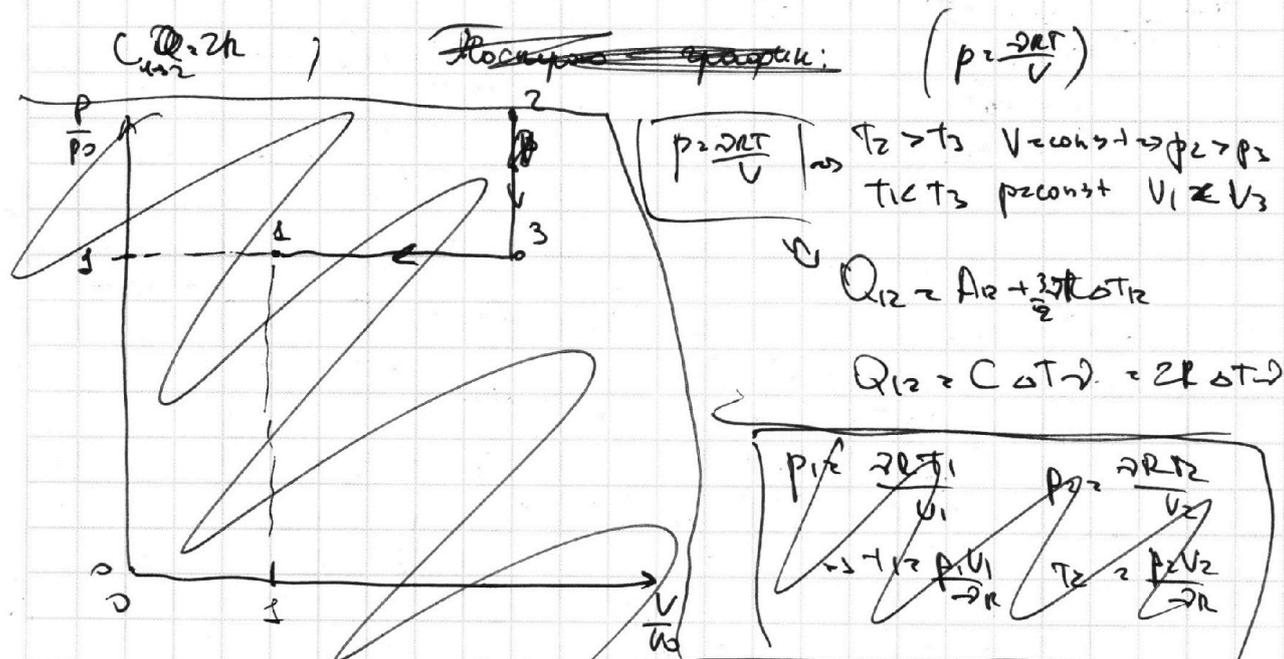
1  2  3  4  5  6  7

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!



3) Из графика видно, что процесс  $3 \rightarrow 4$  это изобара, а  $2 \rightarrow 3$  это изохора ( $C_p = \frac{5}{2} R$ , а  $C_v = \frac{3}{2} R$ ), когда же процесс  $1 \rightarrow 2$  процессом сжатия идеальной газом



$p = \nu U \Rightarrow Q = \frac{\nu U^2}{2} +$        $p_1 = \nu U_1 \quad p_2 = \nu U_2$

$p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} \Rightarrow T_1 = \frac{\nu U_1^2}{2R}$        $p_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2} \Rightarrow T_2 = \frac{\nu U_2^2}{2R}$

$\Rightarrow T_2 - T_1 = \frac{1}{2R} (U_2^2 - U_1^2)$



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!

В) ~~Анализ~~ ~~Анализ~~  $\rightarrow$  Анализ  $\rightarrow \frac{A_{\text{цикл}}}{z} = \frac{A}{z} \rightarrow$

$\Rightarrow$  По закону сохранения энергии для груза или  
( $\Delta h$  - высота подъема груза)

$$\frac{A}{z} \cdot N = Mg \Delta h \rightarrow \Delta h = \frac{AN}{z \cdot Mg}$$

$$\begin{array}{r} 13462,2 \\ \cdot 3 \\ \hline 40386,6 \end{array}$$

$$\Rightarrow \Delta h = \frac{13462,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 200 \cdot 10} = \frac{13462,2 \cdot 3}{1000} = \frac{40386,6}{1000} = 40,3866 \text{ м}$$

$$\Rightarrow \Delta h \approx \text{округляем} 40,4 \text{ м}$$

Омес.  $A = 13462,2 \text{ Дж}$   $\Delta h = \text{округляем} 40,4 \text{ м}$



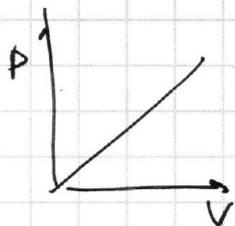
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

4) Доказать закон Джоуля-Ленца  $p \propto V$  или наоборот:



$$p = IV \Rightarrow p \propto IV = \frac{\partial R T}{V}$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{IV_1^2}{\partial R} \Rightarrow T_2 = \frac{IV_2^2}{\partial R}$$

$$\Rightarrow Q = \int_{V_1}^{V_2} p dV + \frac{3}{2} \partial R (T_2 - T_1) = \frac{I(V_2^2 - V_1^2)}{2} + \frac{3}{2} \partial R (T_2 - T_1)$$

$$\Rightarrow (T_2 - T_1) = \frac{I}{\partial R} (V_2^2 - V_1^2) \Rightarrow V_2^2 - V_1^2 = \frac{\partial R (T_2 - T_1)}{I}$$

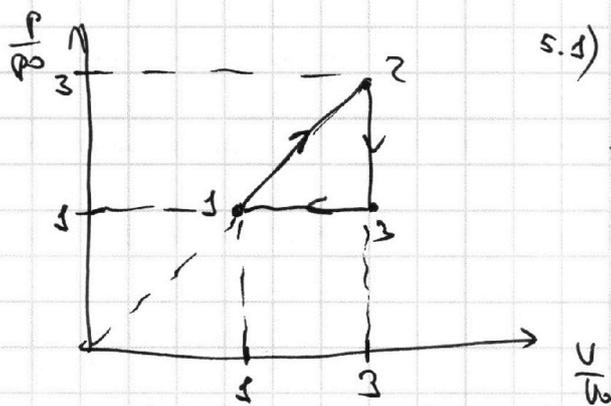
$$\Rightarrow Q = \frac{I}{2} \cdot \frac{\partial R (T_2 - T_1)}{I} + \frac{3}{2} \partial R (T_2 - T_1) = 2 \partial R (T_2 - T_1) \Rightarrow$$

Следствие из закона Джоуля-Ленца  $p \propto V \Rightarrow I \propto 2$

или зависимость  $Q \propto V$

4986  
270  
13462,2

5) Векторное поле:



5.1)  $p_1 = p_0$ ;  $p_3 = p_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow p_1 = p_0 = \frac{\partial R T_0}{V_0}$$

$$p_3 = \frac{\partial R (3T_0)}{V_3}$$

$$\Rightarrow V_3 = \frac{\partial R T_0}{p_0}$$

$$V_1 = \frac{\partial R T_0}{p_0}$$

$$V_3 = \frac{\partial R T_0}{p_0}$$

$$\Rightarrow V_2 = 3V_0$$

5.2)  $V_3 = V_2$   
 $(T_2 = 3T_0)$  - изохора  $\frac{p_2 = \partial R 3T_0}{V_2}$

$$p_3 = \frac{\partial R 3T_0}{V_3}$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{\partial R 3T_0}{V_2} = p_0 \Rightarrow \text{процесс 2-3 - это изохора}$$

$$p_0 = \frac{\partial R T_0}{V_0} = p_1$$

$$\Rightarrow A = \frac{(3V_0 - V_0)(3p_0 - p_0)}{2} = 2p_0 V_0 = 2 \cdot \partial R T_0 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 4986 \text{ Дж}$$

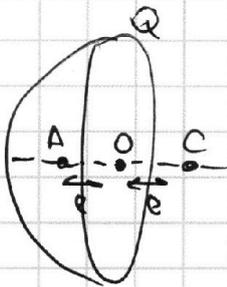


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

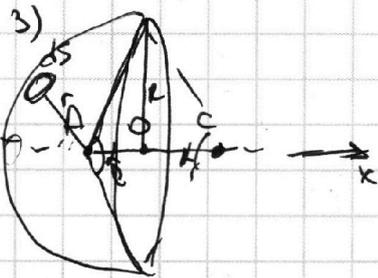


1) Угол между нормалью к поверхности в точке O: от точки O в точку сферы равноудален на расстоянии  $2R$   $\Rightarrow$

$$\varphi_0 = k \frac{Q}{R} \quad (\text{линию сферы или разделим на малые равновесные малые массы})$$

2) Угол между нормалью к поверхности в точке B с R нормалью линии симметрии равен  $\alpha$   $\Rightarrow$  закон сохранения энергии в точке O и в точке B ( $mv \gg R$ )

$$\begin{aligned} \Rightarrow \varphi_0 \cdot q + \frac{mv^2}{2} &= \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \varphi_0 = \sqrt{v^2 - \frac{2\varphi_0 q}{m}} \\ &= \sqrt{v^2 - \frac{2q}{m} k \frac{Q}{R}} = \sqrt{v^2 - \frac{2kqQ}{mR}} \end{aligned}$$



3) Скорость в точке A  $\geq 0 \Rightarrow$  ЗСЭ при  $m$  B и A:

$$\frac{mv^2}{2} = \varphi_A \cdot q \rightarrow \varphi_A = \frac{mv^2}{2q}$$

3.2) Скорость в точке C найти из ЗСЭ при  $m$  C и B:

$$\frac{mv^2}{2} = \varphi_B q + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \varphi_B = \sqrt{v^2 - \frac{2\varphi_B q}{m}}$$

4)  $dE_x = k \frac{\lambda ds}{r^2} \cos \alpha = k \lambda dr$  - где  $dr$  - элемент угла  $d\alpha = \frac{ds \cos \alpha}{r^2}$ ;  $\lambda$  - линейная плотность заряда  $\lambda = \frac{\Delta Q}{\Delta s} = \frac{Q}{2\pi R^2}$

5) Угол между нормалью к поверхности в точке A, если  $AO = R$ :

$$E_{xA} = k \lambda \int dR = k \lambda R \int \frac{1}{r^2} = k \frac{Q}{2\pi R^2} \cdot (\pi - \alpha)$$

6) Аналогично найти напряженность в точке C:

$$E_{xC} = k \lambda \int dR = k \frac{Q}{2\pi R^2} (\alpha)$$



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  
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!

~~$$\varphi_A = E_{\text{ext}} R = \frac{Q}{2\pi R^2}$$~~

$$L = \frac{dSx}{R^2} = \frac{\pi R^2}{R^2}$$

$$\Rightarrow E_{\text{ext}} = k \frac{Q}{2\pi R^2} \left( 2x - \frac{x R^2}{R^2} \right) =$$

$$= k \frac{Q}{2R^2} \left( 2 - \frac{R^2}{R^2} \right)$$

$$E_{\text{ext}} = \frac{kQ}{2\pi R^2} \cdot \frac{\pi R^2}{R^2} = k \frac{Q}{2\pi R^2}$$

~~$$\begin{aligned} \Rightarrow \varphi_A &= \varphi_0 + \int_0^R E_{\text{ext}} dP = \varphi_0 + \int_0^R \frac{kQ}{2R^2} \left( 4 - \frac{R^2}{R^2} \right) dP \\ &= \frac{2kQ}{R^2} - \int_0^R \frac{kQ}{2R^2} dP = \end{aligned}$$~~

7.1)  $\Rightarrow E_{\text{ext}} + E_{\text{ext}} = \frac{kQ}{R^2}$  *для любого расстояния r*  
*выбрав радиус r*  
 $\varphi_C + \varphi_A = \varphi_0 \Rightarrow \varphi_C = \varphi_0 - \varphi_A$  *и взяли радиус как был радиус от центра с тем же радиусом*

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{R} \quad \varphi_A = \frac{kQ^2}{2q} \Rightarrow \varphi_C = \varphi_0 - \varphi_A = \frac{kQ}{R} - \frac{kQ^2}{2q}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \varphi_C &= \sqrt{v^2 - \frac{2q}{k} \left( \frac{kQ}{R} - \frac{kQ^2}{2q} \right)} = \sqrt{v^2 - \frac{2kQq}{mR} + v^2} = \\ &= \sqrt{2 \left( v^2 - \frac{kQq}{mR} \right)} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } \varphi_0 = \sqrt{v^2 - \frac{2kQq}{mR}}; \quad \varphi_C = \sqrt{2 \left( v^2 - \frac{kQq}{mR} \right)}$$