



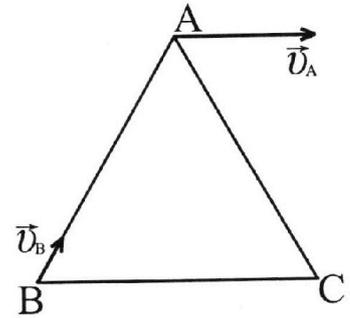
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

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.

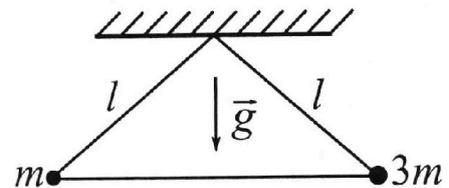
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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.



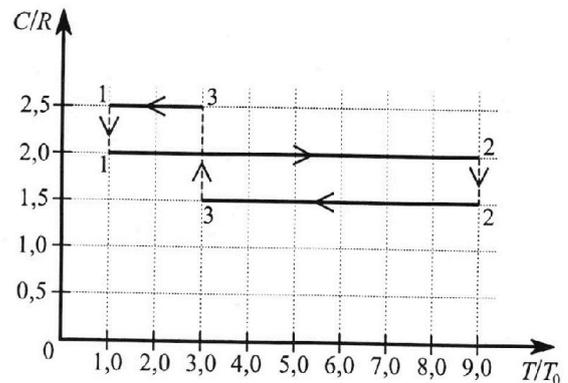
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

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.

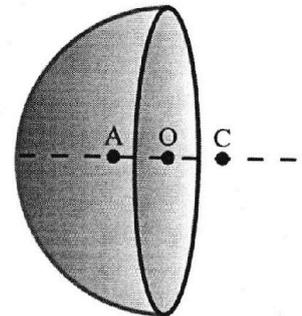


1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

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.



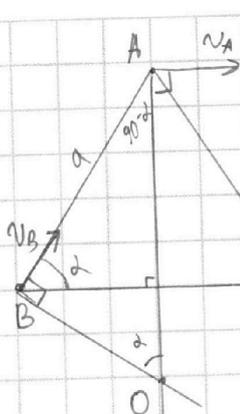
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1) Так как тело твердое, у него есть мгновенный центр вращения. Он же находится на пересечении перпендикуляров к направлениям скоростей. Строго перпенд. и находим эту точку.  
 $\omega$  - угловая скорость брасс. листа (плоская контактная связь с твердым телом)

$$\omega = \text{const} \Rightarrow \omega_B = \omega_A = \frac{v_B}{OB} = \frac{v_A}{OA} \quad (2)$$

(3) Т.к.  $\triangle ABC$  равностор.,  $BA = a$ .  $\angle \alpha = 60^\circ$

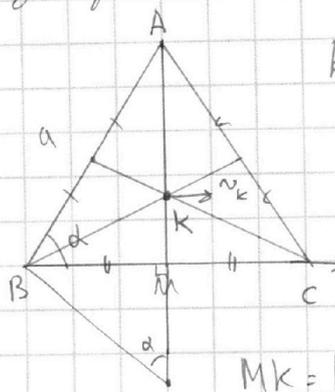
$$OA \cos(90^\circ - \alpha) = a$$

$$OA = \frac{a}{\sin \alpha}$$

$$(4) \tan \alpha = \frac{BA}{BO} = \frac{a}{BO} \Leftrightarrow BO = \frac{a}{\tan \alpha}$$

$$(5) v_B = \frac{v_A \cdot OB}{OA} = \frac{v_A \cdot a \cdot \sin \alpha}{\tan \alpha \cdot a} = v_A \cos \alpha = v_A \cdot \frac{1}{2} = 0,4 \text{ м/с}$$

(6) В. Т.к. лист однородный, центр масс в geom. центре, т.е. на пересече. медиан.



K - центр масс  $v_K$  - скорость центра масс

$$\frac{AK}{KM} = \frac{2}{1} \Rightarrow AK = 2 \cdot KM$$

$$\frac{AK}{AM} = \frac{2}{3} \Rightarrow AK = \frac{2}{3} \cdot a \sin \alpha$$

$$OM = BO \cos \alpha = \frac{a}{\tan \alpha} \cos \alpha = \frac{a \cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

$$MK = AM - AK = a \sin \alpha \cdot \frac{1}{3}$$

Сум. св-ва

$$\frac{v_A}{OA} = \frac{v_K}{OK} \Rightarrow v_K = \frac{v_A \cdot OK}{OA} = v_A \frac{\left( \frac{a \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} + \frac{a \sin \alpha}{3} \right) \sin \alpha}{a} = \frac{v_A \left( \frac{1 - \sin^2 \alpha}{\sin \alpha} + \frac{1}{3} \right)}{1}$$

$$+ \frac{a \sin \alpha}{3} \sin \alpha = v_A \left( \frac{1}{\sin \alpha} - \frac{2}{3} \sin \alpha \right) \sin \alpha = v_A \left( 1 - \frac{2}{3} \sin^2 \alpha \right) \quad \text{Страница 1 из 3}$$



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 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. С.О. центра масс: (все скорости в этой С.О. с')

$$v_k' = 0$$

Теорема о движ. центра масс:

$$\sum \vec{F}_{внеш} = m \cdot \vec{a}_{с.м.}$$

$$\sum \vec{F}_{внеш} = 0 \quad (\text{по оси в плоскости горизонтальной})$$

$$\downarrow$$

$$a_{с.м.} = 0$$

$$\downarrow$$

$$v_k = const$$

$\downarrow$

$$v_k' = 0 = const \Leftrightarrow \text{Все время движется в С.О. центра масс}$$

пластина вращается вокруг т. К.

$\vec{v}_k$  направлена так же как  $\vec{v}_A$  (следует из мгов.

центра вращен.)

$$\downarrow$$

$$v_A' = v_A - v_k$$

$$v_{Ax}' = v_{Ax} - v_{kx} = v_A - v_k = v_A - v_A(1 - \frac{2}{3} \sin^2 \alpha) = \frac{2}{3} v_A \sin^2 \alpha$$

$$\omega' = \frac{v_{Ax}'}{AK} = \frac{\frac{2}{3} v_A \sin^2 \alpha}{\frac{2}{3} a \sin \alpha} = \frac{v_A \sin \alpha}{a}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,14 \\ \times 8 \\ \hline 251,2 \end{array}$$

$$\tau = \omega'$$

$$\tau \omega' = 2\pi \cdot 4$$

$$\tau = \frac{8\pi}{\omega'} = \frac{8\pi a}{v_A \sin \alpha} = \frac{8 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \text{ м}}{0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{8 \cdot 3,14}{\sqrt{3}} = \frac{251,2}{\sqrt{3}} \text{ с} = \frac{251,2 \sqrt{3}}{3} \text{ с}$$

При переходе в С.О. ц. масс на шху в точке С действуют те же самые силы, значит можно считать

R в С.О. с. масс. Тогда точка С только вращается вокруг т. К. (т.к. масса шху много меньше массы пластины, она не влияет на расположение центра масс системы!) Страница 2 из 3

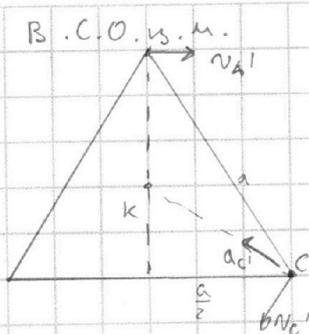


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



II 3-й Ньютон для центра

$$m \vec{a}_c' = \vec{R} \Rightarrow R \text{ сонаправлена с } \vec{a}_c'$$

$a_c'$  направлено по лучу с К т.к. вращение и  $a_c'$  - центростремительное ускор.

$$R = m a_c' = m \frac{(v_C')^2}{CK} = m \frac{\omega^2 KC^2}{KC} = m \omega^2 KC$$

$$v_C' = \omega \cdot KC$$

$$KC = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{4}} \text{ по теореме Пифагора}$$

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

$$R = m \frac{v_A^2 \sin^2 \alpha}{a^2} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = m \frac{v_A^2 \sin^2 \alpha \sqrt{3}}{2a} = \frac{m v_A^2 \frac{3}{4} \sqrt{3}}{2a} =$$

$$= \frac{m v_A^2 3\sqrt{3}}{8a} = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 0,8^2 \cdot 3\sqrt{3}}{8 \cdot 0,4} = \frac{3 \cdot 10^{-5} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot \sqrt{3}}{8 \cdot 10^{-1}}$$

$$= \frac{9}{2} \cdot 8 \cdot 10^{-7} \cdot 10^1 \cdot \sqrt{3} = 36\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

Ответ: 1.  $v_B = \frac{v_A}{2} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  2.  $T = \frac{8\pi a}{v_A \sin \alpha} = \frac{251,2 \cdot \sqrt{3}}{3} \text{ с}$

3.  $R = \frac{m v_A^2 3\sqrt{3}}{8a} = 36\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$

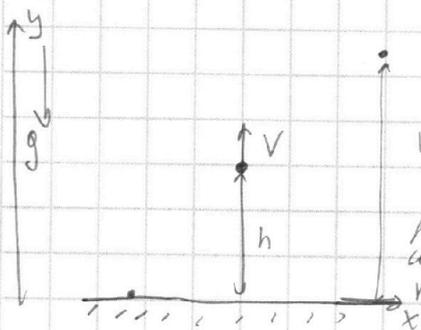


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Закон Сохранения энергии для греерверка

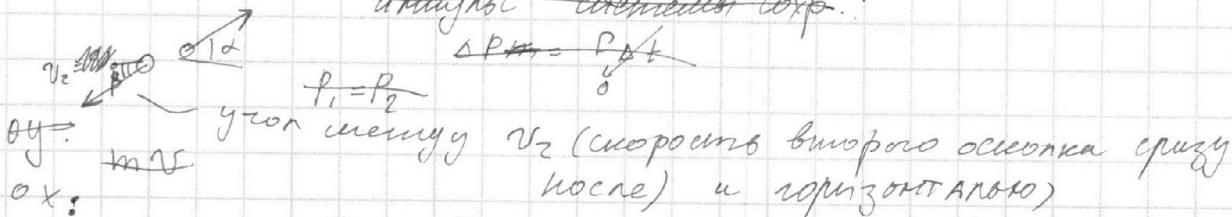
$$\frac{mv^2}{2} + mgh = mgH + 0$$

разрывается  $\frac{1}{2}$  при максимальной высоте, т.к. греерверк и т.к. ленточка греер. вертикально вверх.  
m - масса греерверка

$$\frac{v^2}{2} + gh = gH \quad H = \frac{v^2}{2g} + h = \frac{(4 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} + 11,2 = \frac{2 \cdot 2}{5} + 11,2 =$$

$$= 0,8 + 11,2 = 12 \text{ м}$$

Так как  $\frac{1}{2}$  во время разрыва сила тяжести совершает отрицательную работу, т.к. время мало, то изменение энергии сохр.



$$F_x \Delta t = 0 = m_1 v_1 \frac{m}{2} v_{2x} + m_2 v_2 \frac{m}{2} v_{2x}$$

$$v_2 \cos \alpha = -v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \alpha \quad \frac{v_1 \cos \alpha}{\cos \beta} = v_2$$

$$0y: m v_1 = \frac{m}{2} v_1 \sin \alpha - v_2 \sin \alpha \frac{m}{2}$$

$$2 v_1 = v_1 \sin \alpha = \frac{v_1 \cos \alpha \sin \alpha}{\cos \beta} = v_1 \sin \alpha (1 - \frac{\cos \alpha}{\cos \beta})$$

$$L_1 = v_1 \cos \alpha t_1$$

$$0y: v_1 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = -H$$

$$v_1 \sin \alpha \frac{L_1}{v_1 \cos \alpha} - \frac{g L_1^2}{2 v_1^2 \cos^2 \alpha} = -H$$

$$\frac{g L_1^2}{2 v_1^2 \cos^2 \alpha} - t_1 g L_1 - H = 0$$

В.С.О., даем со скоростью  $v_2$ :

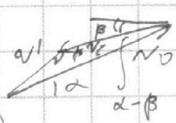
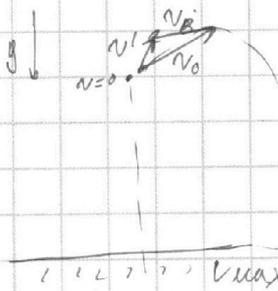


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!



Теорема ~~синусов~~ косинусов

$$v_1^2 = v_2^2 + v_0^2 - v_2 v_0 \cos(\alpha - \beta) =$$

$$= \left( \frac{v_0 \cos \alpha}{\cos \beta} \right)^2 + v_0^2 - \frac{v_0^2 \cos \alpha}{\cos \beta} \cos(\alpha - \beta)$$

$L =$  При переходе в ИСО расстояния сохраняются.

$$L = v_1 t_1$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \alpha &= \frac{v_2 \sin \beta}{v_2 \cos \beta} \\ \text{tg } \alpha &= \frac{1}{\cos \beta} - 1 \end{aligned}$$

$$L_1 = \frac{\text{tg } \alpha \oplus \sqrt{\text{tg}^2 \alpha + 4 \cdot \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot H}}{\frac{g}{v_0^2 \cos^2 \alpha}}$$

$$L_2 = v_2 \cos \beta t_2 = v_0 \cos \alpha t_2$$

$$-v_2 \sin \beta t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = -H$$

$$-v_2 \sin \beta \frac{L_2}{v_2 \cos \beta} - \frac{g}{2} \frac{L_2^2}{v_2^2 \cos^2 \beta} = -H$$

$$\frac{L_2^2 g}{2 v_2^2 \cos^2 \beta} + v_2 \text{tg } \beta L_2 - H = 0$$

$$L_2 = \frac{-\text{tg } \beta \oplus \sqrt{\text{tg}^2 \beta + 4 \cdot \frac{H}{2v_2^2 \cos^2 \beta}}}{\frac{g}{v_2^2 \cos^2 \beta}}$$

$$L_{\text{max}} = L_1 + L_2 = \frac{\text{tg } \alpha \oplus \sqrt{\text{tg}^2 \alpha + \frac{2g}{v_0^2} H (1 + \text{tg}^2 \alpha)}}{\frac{g}{v_0^2 \cos^2 \alpha}} + \frac{-\text{tg } \beta \oplus \sqrt{\text{tg}^2 \beta + 2 \frac{gH}{v_2^2} (1 + \text{tg}^2 \beta)}}{\frac{g}{v_2^2 \cos^2 \beta}} =$$

$$= \frac{\text{tg } \alpha \oplus \sqrt{\text{tg}^2 \alpha + \frac{2g}{v_0^2} H (1 + \text{tg}^2 \alpha)}}{\frac{g}{v_0^2 \cos^2 \alpha}} + \frac{-\text{tg } \beta \oplus \sqrt{\text{tg}^2 \beta + \frac{2gH \cos^2 \beta}{v_0^2 \cos^2 \alpha} (1 + \text{tg}^2 \beta)}}{\frac{g \cos^2 \beta}{\cos^2 \alpha v_0^2 \cos^2 \alpha}}$$

$L_{\text{max}}$  при  $L_1 \text{ max}$  и  $L_2 \text{ max}$

~~$L_{\text{max}}$  при~~



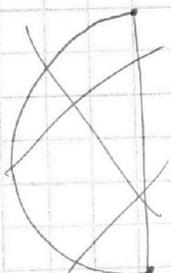
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



$$\frac{gL_1^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} - t g \alpha L_1 - M = 0 = \cancel{\text{...}}$$

$$L_{1 \max} = L_{1 \max} \text{ при } D = a$$

$$\frac{gL_1^2}{2v_0^2} t g \alpha + \frac{gL_1^2}{2v_0^2} - t g \alpha L_1 - M = 0$$

$$L_1 \text{ max при } D = 0$$

$$D = \cancel{\text{...}} L_1^2 - 4 \cdot \frac{gL_1^2}{2v_0^2} \cdot \left( \frac{gL_1^2}{2v_0^2} - M \right) = 0$$

$$1 = \frac{2g}{v_0^2} \left( \frac{gL_1^2}{2v_0^2} - M \right)$$

$$\frac{v_0^2}{2g} + M = \frac{gL_1^2}{2v_0^2}$$

$$\Rightarrow t g \alpha = \frac{+L_1 v_0^2}{2 \cdot g L_1^2} = \frac{v_0^2}{g L_1}$$

$$L_1 = \frac{\left( \frac{v_0^2}{2g} + M \right) 2v_0^2}{g}$$

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

$$\frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1 = t g \alpha$$

$$\frac{1}{\sin^2 \alpha} = t g \alpha + 1$$

$$\frac{L_2^2 g \cos^2 \beta}{2v_0^2 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta} + t g \beta L_2 - M = 0$$

$$\frac{L_2^2 g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} - M + t g \beta L_2 = 0$$

$$\frac{L_2^2 g}{2v_0^2} \left( \frac{v_0^2}{g L_1} + 1 \right) - M + t g \beta L_2 = 0$$

$$L_2 = \frac{-t g \beta + \sqrt{(t g \beta)^2 - 4 \cdot \frac{g}{2v_0^2} \left( \frac{v_0^2}{g L_1} + 1 \right) \cdot (-M)}}{2 \cdot \frac{g}{2v_0^2} \left( \frac{v_0^2}{g L_1} + 1 \right)}$$

$$2v_0^2 = \frac{1}{t g \alpha + 1} \left( 1 - \frac{1}{t g \alpha + 1} \right)$$

$$\cos^2 \alpha = \sqrt{1 - \frac{1}{t g \alpha + 1}}$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = t g \alpha + 1$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{t g \alpha + 1}$$

$$\frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1 = \frac{1}{t g \alpha}$$

$$\frac{1}{\sin^2 \alpha} = \frac{1}{t g \alpha} + 1$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{\frac{1}{t g \alpha} + 1}$$



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  
48 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!

~~$$30) \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_2^2}{4} + \frac{mv_0^2}{4} \quad A \neq m_j = 0$$~~

~~$$v_2^2 = \left( \frac{v^2}{2} - \frac{v_0^2}{4} \right) 4 = 2v^2 - v_0^2$$~~

~~$$v_2 = \sqrt{2v^2 - v_0^2} = \sqrt{2 \cdot 16}$$~~

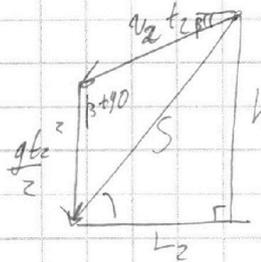
$$\begin{cases} v_0 \cos \alpha = v_2 \cos \beta \\ 2v = v_0 \sin \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \right) = v_0 \sqrt{1 - \frac{v_2^2 \cos^2 \beta}{v_0^2}} \left( 1 - \frac{v_2 \cos \beta}{v_0 \cos \beta} \right) \end{cases}$$

$$\frac{2v}{v_0} = \frac{\sqrt{1 - \frac{v_2^2 \cos^2 \beta}{v_0^2}}}{1 - \frac{v_2 \cos \beta}{v_0}}$$

$$\frac{4v^2}{v_0^2} = \frac{v_0^2 - v_2^2 \cos^2 \beta}{v_0^2}$$

$$v_2 \cos \beta = \sqrt{v_0^2 - 4v^2} = \sqrt{16 \cdot 16 - 4 \cdot 4 \cdot 4} = 4\sqrt{16-4} = 4\sqrt{12} = 6\sqrt{3}$$

~~$$\frac{2L_2 g}{2v_2^2 \cos^2 \beta} + \tan \beta = 0$$~~
~~$$\tan \beta = -\frac{2L_2 g}{2v_2^2 \cos^2 \beta}$$~~



$$L = v_2 \cos \beta t_2$$

~~Решение~~

Ответ:  $H = 12 \text{ м} = \frac{v^2}{2g} + h$ ;

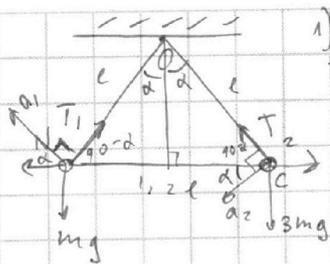


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

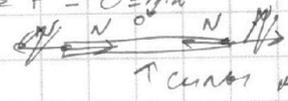
1  2  3  4  5  6  7

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) Так как стержень невесомый, сила реакции на стержень направлена вдоль стержня и  $\sum F = 0 = ma$



N - сила реакции со стороны стержня

2) Т.к. нет вращения и  $a_0 = 0$   $v_0 = 0$  ускорение и скорость точки O, то в канале движется m и 3m касаясь браздаты в центре точки O, при этом  $\vec{a}_2 \perp OC$ , т.к. это канал движ. (нет связи на керастет. штиб.)

р.е.  $\vec{a}_2 \perp T_2$

~~$\text{tg } \alpha = \frac{0,6\ell}{\ell} = 0,6$~~   $\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$   
 $\text{tg } \alpha = \frac{0,6}{0,8} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$

3)  $\sin \alpha = \frac{0,6\ell}{\ell} = 0,6$

Предположим, что  $a_2$  направ. под углом вниз, т.е.  $a_2$  со  $\alpha$  если  $a_2$  получится  $< 0$ , то вверх по углу.

2) II 3-м Ньютона где 3m сразу после:

оx:  $-a_2 \cos \alpha \cdot 3m = N - T_2 \sin \alpha$  (4)  $\Rightarrow T_2 = \frac{N + a_2 \cos \alpha \cdot 3m}{\sin \alpha}$

оy:  $-a_2 \sin \alpha \cdot 3m = T_2 \cos \alpha - 3mg$  (5)

Для масса массы m аналогичные рассуждения II 3-м Ньютона где m сразу после

оx:  $T_1 \sin \alpha - N = -a_1 \cos \alpha m \Rightarrow T_1 = \frac{N - a_1 \cos \alpha m}{\sin \alpha}$  (6)

оy:  $T_1 \cos \alpha - mg = a_1 \sin \alpha m$  (7)

$\left\{ \begin{aligned} \frac{N - a_1 \cos \alpha m}{\text{tg } \alpha} - mg &= a_1 \sin \alpha m \quad (8) \text{ из (6) и (7)} \end{aligned} \right.$

$\left\{ \begin{aligned} -a_2 \sin \alpha \cdot 3m &= \frac{N + 3ma_2 \cos \alpha}{\text{tg } \alpha} - 3mg \quad (9) \text{ из (4) и (5)} \end{aligned} \right.$

Т.к. стержень в канале покоится и он - твердое тело, то как связь:

$a_2 \cos \alpha = a_1 \cos \alpha \Rightarrow a_1 = a_2$



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
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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!

$$\frac{N}{\operatorname{tg} \alpha} = a_2 \sin \alpha m + mg + \frac{a_2 \cos \alpha m}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (10) \cdot \frac{3}{4} (8)$$

$$-a_2 \sin \alpha 3m = a_2 \sin \alpha m + mg + \frac{a_2 \cos \alpha m}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{3ma_2 \sin \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} - 3mg$$

$$0 = 4a_2 \sin \alpha - 2g + \frac{a_2}{\operatorname{tg} \alpha} (\cos \alpha + 3 \sin \alpha)$$

$$a_2 \left( 4 \sin \alpha + \frac{\cos \alpha + 3 \sin \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = 2g$$

$$a_2 = \frac{2g}{4 \sin \alpha + \frac{\cos \alpha + 3 \sin \alpha}{\operatorname{tg} \alpha}}$$

$$0 = 4a_2 \sin \alpha - 2g + \frac{4a_2 \cos \alpha}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$2g = a_2 \cdot 4 \left( \sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} \right)$$

$$a_2 = \frac{g}{2 \left( \sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} \right)} = \frac{10 \frac{m}{c^2}}{2 \left( 0,6 + \frac{0,8 \cdot 4}{3} \right)} = \frac{5 \cdot 3}{0,6 + 3 + 0,8 \cdot 4} = \frac{15}{1,8 + 3,2} =$$

$$= \frac{15}{5} = 3 \frac{m}{c^2}$$

$N = T$  в своих обозначениях.

ис 10:

$$T = \operatorname{tg} \alpha \left( a_2 \sin \alpha m + mg + \frac{a_2 \cos \alpha m}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = 80 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \frac{3}{4} \left( 3 \cdot 0,6 + 10 + \frac{3 \cdot 0,8 \cdot 4}{3} \right) = 60 \cdot 10^{-3} (1,8 + 10 + 3,2) = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 15 = 900 \cdot 10^{-3} = 0,9 \text{ Н}$$

Ответ:  $\sin \alpha = 0,6$ ;  $a_2 = \frac{g}{2 \left( \sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} \right)} = 3 \frac{m}{c^2}$ ;  $T = \operatorname{tg} \alpha m \left( a_2 \sin \alpha + g + \frac{a_2 \cos \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = 0,9 \text{ Н}$



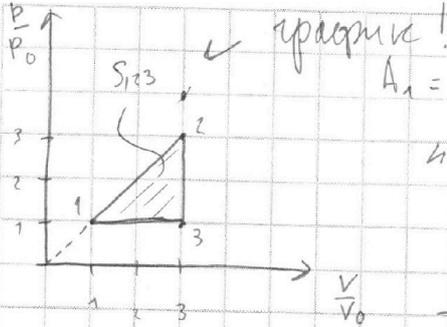
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

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!



$A_1 = A_{12} + A_{23} + A_{31} = S_{12} + S_{23} + S_{31}$

площади под графиком  $P(V)$

$S_{23} = 0$  т.к.  $\Delta V = 0$

$S_{31} = A_{31} < 0$  т.к. газ сжимался

$A_1 = S_{12} - S_{31} = S_{123}$  площадь треугольника 123.

$S_{123} = 2 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} = 2$

$A_1 = 2P_0V_0 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 6 \cdot 8,31 \cdot 270 = 1620 \cdot 8,31 =$

$= 13462,2 \text{ Дж}$

$\frac{1}{2} A_1 \cdot 15 - MgH = 0$  Теорема об изменении кин. энергии

$H = \frac{15 A_1}{2Mg} = \frac{15 \cdot 13462,2}{2 \cdot 250 \cdot 10} = \frac{15 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270}{250 \cdot 10} =$

$= \frac{3 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 27}{50} = \frac{12 \cdot 27 \cdot 8,31}{100} = 26,9244 \text{ м}$

Ответ:  $A_1 = 13462,2 \text{ Дж}$ ;  $H = 26,9244 \text{ м}$

$A_1 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270$   $H = \frac{15 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270}{2 \cdot 250 \cdot 10}$

$\begin{array}{r} \times 270 \\ 1620 \\ \times 8,31 \\ \hline 1620 \\ 486 \\ 1296 \\ \hline 13462,2 \end{array}$

$\begin{array}{r} \times 12 \\ 27 \\ \hline 324 \\ 831 \\ \hline 324 \\ 972 \\ \hline 2592 \\ 2692,44 \end{array}$



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!

т.к.  $C = \text{const}$   
то  $PV^{\frac{c-p}{c-v}} = \text{const}$

$c_p = \frac{5}{2}$   $c_v = \frac{3}{2}$  т.к. адiab. слз

$3 \rightarrow 1$   
 ~~$PV^{\frac{2-2,5}{2-1,5}} = PV^0 = \text{const}$~~

$P_1 = P_0$   $V_1 = V_0$

$P = \text{const}$   
 $c = c_p = \frac{5}{2} \Rightarrow p = \text{const}$   $P_3 = P_1$

$P_1 V_1 = \nu R T_1 = \nu R T_0$  ← Ур. Менделеева - Клапейрона

$P_1 V_3 = \nu R T_3 = \nu R 3T_0$

$\frac{V_1}{V_3} = \frac{1}{3}$   $V_3 = 3V_1$

2 → 3

$c = c_v = \frac{3}{2} \Rightarrow V = \text{const}$   $V_2 = V_3$

$P_2 V_2 = \nu R 3T_0$

← Ур. Менделеева - Клапейрона

~~$P_3 V_2$~~   $P_3 V_2 = \nu R \cdot 3T_0 = P_1 V_2^6$

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{9}{3} = 3$

$P_2 = 3P_1$

1 → 2:

$P V^{\frac{2-2,5}{2-1,5}} = P V^{\frac{-0,5}{0,5}} = \frac{P}{V} = \text{const}$

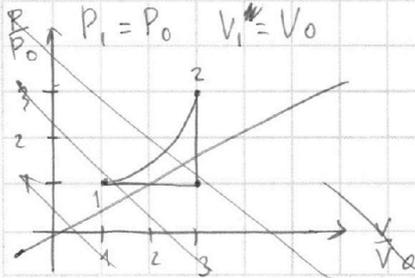
$P = \text{const} V$  — лин. зависим.

~~$P V_1 = \nu R T_0$~~

$\frac{P_1 V_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$

~~$3P_1 V_1 = \nu R$~~

В итоге: 1:  $P_1, V_1$  2:  $3P_1, 3V_1$  3:  $P_1, 3V_1$



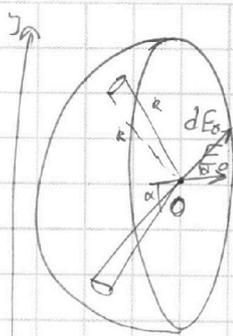


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



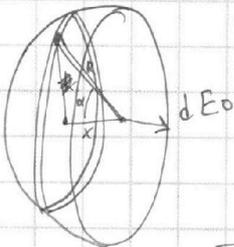
1)  $E_0$  - напряженность поле в точке  $O$  каждого кольца.  
В силу симметрии  $dE_0$  направлено по оси  $x$

~~$E_0 = \int dE_0 \cos \alpha = \int \frac{k \sigma dS}{R^2} \cos \alpha$~~

~~$E_0 = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} k \sigma \frac{(R d\alpha)^2 \pi}{R^2} \cos \alpha =$~~

~~$= k \sigma \pi \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \alpha d\alpha$~~

2) Разбиваю сечение на кольца малой ширины.



~~$dE_0 = \frac{dq}{R^2} = \frac{dq k}{R^2} = \sigma$~~

~~$= \frac{dq k}{R^2} = \frac{\sigma dx \cdot 2\pi(R-x)}{R^2} k = \frac{\sigma dx \cdot 2\pi}{R} k$~~

$\sin \alpha = \frac{\sqrt{R^2 - x^2}}{R}$

$E_0 = \int_0^R \frac{\sigma 2\pi k}{R} dx = \frac{\sigma 2\pi k}{R} R = \sigma 2\pi k$  (3)

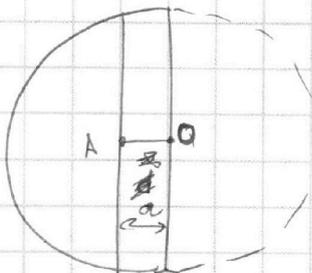
$E_A = ?$

(4) ЗСЭ:  $A \rightarrow \infty$

$W_{n1} = \frac{mV^2}{e}$

$W_{n1}$  - энергии в точке A.

~~$W_{n1} = q \cdot \varphi_A = q$~~



$F = E_A q$

$d\varphi = \frac{f dx}{q} = \frac{E_A q dx}{q}$

$d\varphi = E_A dx$

$W_{n0} = A_{0 \rightarrow \infty} = \int f dx = \int E_0 q dx =$

$\varphi_A = \frac{W_{n1}}{q} \quad \varphi_0 = \frac{W_{n0}}{q}$

$W_{n1} - W_{n0} = q(\varphi_A - \varphi_0) = q$



В точке "O":  $A \rightarrow "O"$

$W_{n1} = W_{n0} + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2}$

Радиус центра



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!

$$\varphi_c = \frac{kQ}{R} - \cancel{\varphi_0} (\varphi_A - \varphi_0) = \frac{2kQ}{R} - \frac{mv^2}{2q}$$

$$\varphi_c q + \frac{mv_c^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v_c = \sqrt{\left(\frac{mv^2}{2} - \varphi_c q\right) \frac{2}{m}} = \sqrt{\left(\frac{mv^2}{2} - \frac{2kQq}{R} + \frac{mv^2}{2}\right) \frac{2}{m}}$$

$$= \sqrt{\left(mv^2 - \frac{2kQq}{R}\right) \frac{2}{m}}$$

Ответ: 1.  $v_0 = \sqrt{v^2 - \frac{kQq}{Rm}}$  2.  $v_c = \sqrt{\left(mv^2 - \frac{2kQq}{R}\right) \frac{2}{m}}$



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.

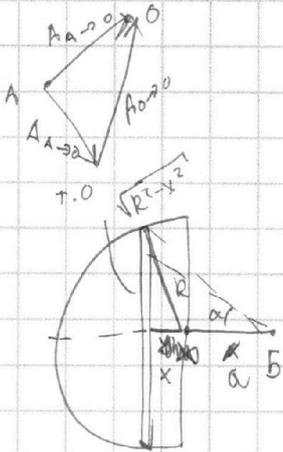
1  2  3  4  5  6  7

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!

$$F_A = EAQ \quad \Phi_A - \Phi_0 = \frac{AA-20}{q} - \frac{A0-20}{q} = \frac{AA-20}{q} = \frac{qR}{q} = R$$

$$F_0 = Eoq = -\int E_x dx =$$



$$W_{по} =$$

$$dE_B = \frac{dq k}{R^2}$$

$$\Phi_0 = \sum d\Phi = \sum \frac{k dq}{R} = \frac{kQ}{R}$$

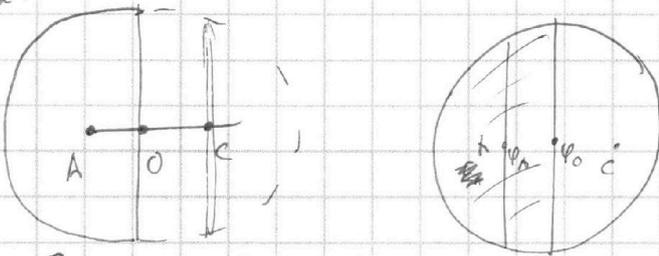
$$W_{по} = \Phi_0 q = \frac{kQq}{R}$$

подставляем в ЗСЭ:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kQq}{R} + \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V_0 = \sqrt{\left(\frac{mv^2}{2} - \frac{kQq}{R}\right) \frac{2}{m}} = \sqrt{v^2 - \frac{kQq \cdot 2}{Rm}}$$

2.



$$\Phi_A = \frac{W_{п1}}{q} = \frac{mv^2}{2q}$$

$$\Phi_0 = \frac{kQ}{R}$$

$$\Phi_c = \Phi_0' - \Phi_M - \Phi_A = \frac{2RkQ}{R} - \frac{mv^2}{2q} - \frac{kQ}{R}$$

В полной сфере:

$$\Phi_0' = \sum \frac{dq}{R} k = \frac{2RkQ}{R}$$

$$\Phi_c = \Phi_A' = \Phi_0' \text{ т.к. внутри сферы } E=0$$

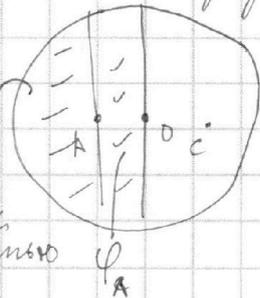
$$\Phi_A' = \Phi_M + \Phi_A + \Phi_c$$

$$\Phi_0 = \Phi_M + \Phi_A$$

$$\Phi_M = \Phi_A$$

$$\Phi_A = \Phi_0 - \Phi_M$$

$\Phi_M$   
пот,  
возг.  
этой  
части



равномерно заряженной