



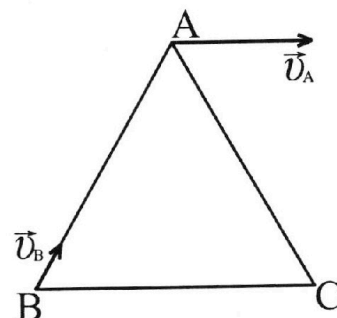
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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 τ 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.

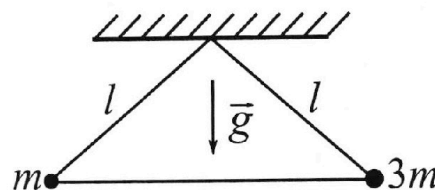
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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/с². 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_{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 α 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/с².

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



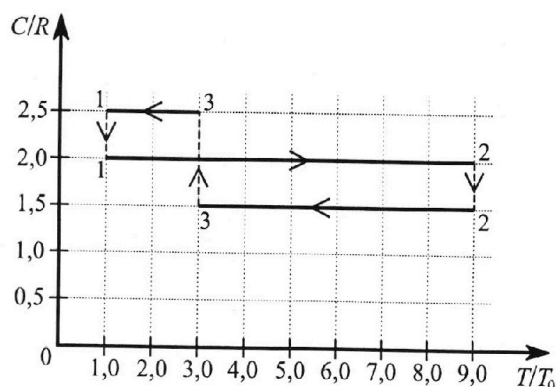
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

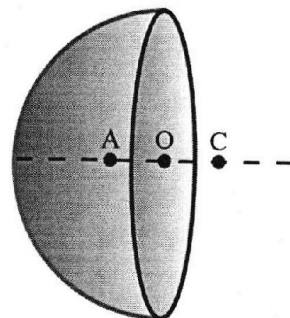
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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/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 . 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.



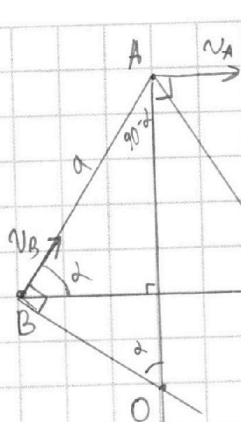
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 находится на пересечении перпендикуляров к направлениям скоростей. Строго перпенд. и находим эту точку.
 ω - угловая скорость вращ. листа пластин (касательная 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., $BA = a$. $\angle \alpha = 60^\circ$

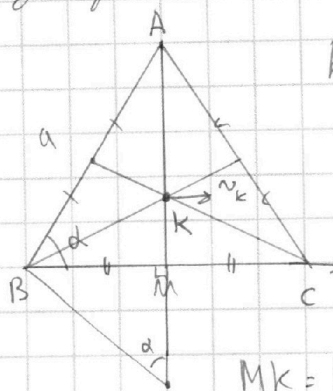
$$OA \cos(90^\circ - \alpha) = a$$

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

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

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

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



K - центр масс

v_K - скорость центра масс

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

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

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

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

См. связь

$$\frac{v_A}{OA} = \frac{v_K}{OK} \Rightarrow v_K = \frac{v_A \cdot OK}{OA}$$

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

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

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:

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

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

$\downarrow$

$$a_{с.м.} = 0$$

$\downarrow$

$$V_k = \text{const}$$

$\downarrow$

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

пластина вращается вокруг т. К.

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

центра вращен.)

$$\vec{V}_A' = \vec{V}_A - \vec{V}_k$$

$$V_{Ax}' = V_{Ax} - V_{kx} = V_A - V_k = V_A - V_A(1 - \frac{2}{3} \sin^2 \alpha) = \frac{2}{3} V_A \sin^2 \alpha$$

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

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

$$\tau = \frac{2\pi}{\omega'}$$

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

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

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

R в С.О. ц. масс. Тогда точка С точно вращается вокруг т. К. (т.к. масса шину много меньше массы пластины, а не наоборот). Значит можно считать (т.к. центр на расположении центра масс системы!) Страница 2 из 3

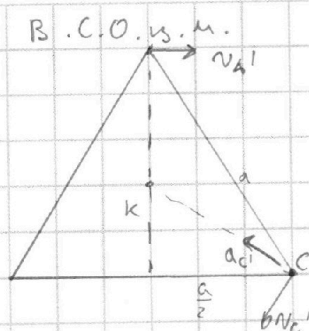


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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 точки

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

~~$\frac{mv^2}{2} + mgh = mgH + 0$~~ т.к. греерверк разрывается ~~в~~ при максимальной высоте, и т.к. ленту греер. вертикально вверх.

m - масса греерверка

$\frac{v^2}{2} + gh = gH$ $H = \frac{v^2}{2g} + h = \frac{(4 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} + 11,2 = \frac{2 \cdot 2}{5} + 11,2 = 0,8 + 11,2 = 12 \text{ м}$

Так как ~~в~~ во время разрыва сила тяжести совершает ~~примеasurable~~ работу, т.к. время мало, то ~~изменение~~ ~~системы~~ сохр.

$\Delta P = P_1 \Delta t$

$P_1 = P_2$

угол между v_2 (скорость второго осколка сразу после) и горизонтальной

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

$v_{2x} = -v_{0x} + v_2 \cos \beta = + v_0 \cos \alpha$ $\frac{v_0 \cos \alpha}{\cos \beta} = v_2$

оу: $m v = \frac{m}{2} v_0 \sin \alpha - v_2 \sin \alpha \frac{m}{2}$

$2 v = v_0 \sin \alpha = \frac{v_0 \cos \alpha}{\cos \beta} \sin \alpha = v_0 \sin \alpha (1 - \frac{\cos \alpha}{\cos \beta})$

оx $L_1 = v_0 \cos \alpha t_1$

оу: $v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = -H$

$v_0 \sin \alpha \frac{L_1}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g L_1^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = -H$

$\frac{g L_1^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} - t_1 g L_1 - H = 0$

В.С.О., дадим со скоростью v_2 :



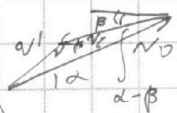
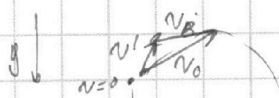
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 косинусов

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

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

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

$L =$ При переходе в ИСО расстояния сохраняются.

$$L = v_1$$

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

$$\text{tg} \alpha = \frac{1}{\cos \alpha} - 1$$

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

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

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

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

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

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

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

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

~~L_{max} при~~



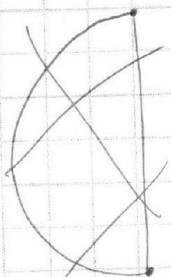
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\frac{gL_1^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} - \tan \alpha L_1 - M = 0$$

$$L_{max} = L_{max} \text{ при } D=0$$

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

$$L_1 \text{ max при } D=0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$2v = v_0 \sqrt{\frac{1}{\tan^2 \alpha + 1} (1 - \frac{1}{\tan^2 \alpha + 1})}$$



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!

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

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

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

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

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

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

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

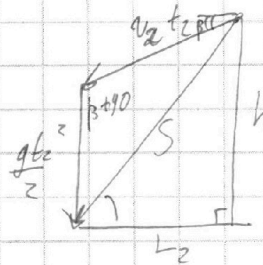
~~$$\frac{2L_2 g}{2v_2^2 \cos^2 \beta} + \frac{tg \beta}{v_2} = 0$$~~

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

$$L = v_2 \cos \beta t$$

Итак

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





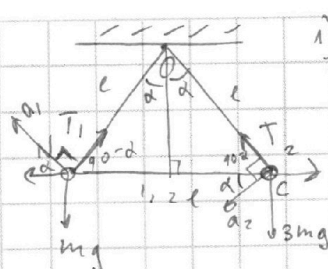
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

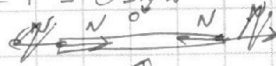
1 ИЗ 2

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 $\sum F = 0 \Rightarrow ma$

N - сила реакции со стороны стержня



↑ силы на стержень

2) Т.к. нить нерастянима и $a_0 = 0$ $v_0 = 0 \Rightarrow$ ускорение и

скорость нити 0, но В начале движется и из т

касается брандта в центре нити О, причем $\vec{a}_2 \perp OC$, т.к. это начало движ. (нет связи на нерастет. нить.)

т.е. $\vec{a}_2 \perp T_2$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

$$\tan \alpha = \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4}$$

$$3) \sin \alpha = \frac{0,6}{1} = 0,6$$

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

Решим 3-и Ньютона для 3м сразу после:

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

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

Для масса массы m аналогичные рассуждения
и 3-и Ньютона для m сразу после

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

$$Oy: T_1 \cos \alpha - mg = a_1 \sin \alpha \cdot m \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{N - a_1 \cos \alpha \cdot m}{\tan \alpha} - mg &= a_1 \sin \alpha \cdot m \quad (8) \text{ из (6) и (7)} \\ -a_2 \sin \alpha \cdot 3m &= \frac{N + 3ma_2 \cos \alpha}{\tan \alpha} - 3mg \quad (9) \text{ из (4) и (5)} \end{aligned} \right.$$

Т.к. стержень в начале покоился 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**.



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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$N = T$ в наших обозначениях.

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



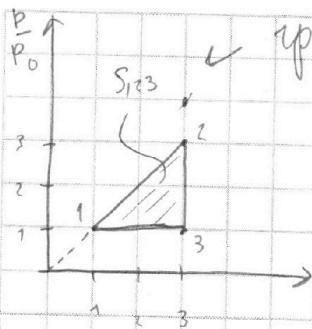
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



график!

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

площади под графиком $P(V)$

$$S_{23} = 0 \text{ т.к. } \Delta V = 0$$

$$S_{31} \leftarrow A_{31} < 0 \text{ т.к. газ сжимается,}$$

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

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

$$A_1 = 2P_0V_0 = 2 \cdot 2kT_0 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 6 \cdot 8,31 \cdot 270 = 1620 \cdot 8,31 =$$

$$= 13462,2 \text{ Дж}$$

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

$$H = \frac{15 A_1}{2Mg} = \frac{15 \cdot 2kT_0}{2Mg} = \frac{15 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270}{2 \cdot 250 \cdot 10} = \frac{15 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270}{250 \cdot 10} =$$

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

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

$$A_1 = 2kT_0 \quad H = \frac{15 \cdot 2kT_0}{Mg}$$

$$\begin{array}{r} \times 12 \\ 27 \\ \hline 324 \\ 270 \\ \hline 324 \\ 810 \\ \hline 324 \\ 972 \\ \hline 2592 \\ 2692,44 \end{array}$$



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 $PV^{\frac{C-C_p}{C-C_v}} = \text{const}$

$C_p = \frac{5}{2}$ $C_v = \frac{3}{2}$ т.к. адiab. из

$3 \rightarrow 1$
 ~~$PV^{\frac{2-2.5}{2-1.5}} = PV^0 = \text{const}$~~
 $P = \text{const}$

$P_1 = P_0$ $V_1 = V_0$

$C = C_p = \frac{5}{2} \Rightarrow P = \text{const}$ $P_3 = P_1$

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

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

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

$2 \rightarrow 3$

$C = C_v = \frac{3}{2} \Rightarrow V = \text{const}$ $V_2 = V_3$

$P_2 V_2 = \nu R 3T_0$

← ур. Менделеева - Клапейрона

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

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

$P_2 = 3P_1$

$1 \rightarrow 2$

$P V^{\frac{2-2.5}{2-1.5}} = P V^{-0.5} = \frac{P}{V} = \text{const}$

$P = \text{const} V$ — лин. зависим.

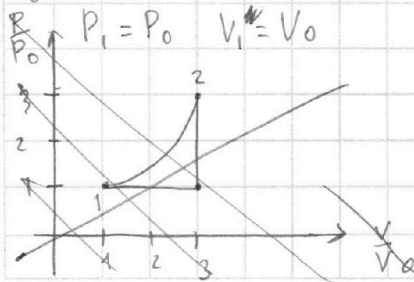
~~$P_1 V_1 = \nu R T_0$~~

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

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

В итоге: 1: P_1 , V_1 2: $3P_1$, $3V_1$ $\frac{P}{V} = \text{const}$ 3: P_1 , $3V_1$

$P_1 = P_0$ $V_1 = V_0$



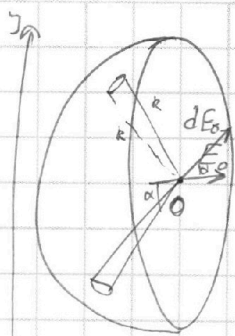


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

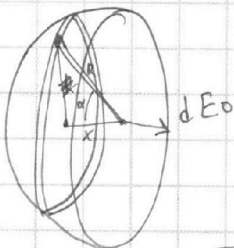
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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

$$E_0 = \int dE_0 \cos \alpha = \int \frac{k \sigma dS}{R^2} \cos \alpha = \frac{k \sigma \int \cos \alpha dS}{R^2} = \frac{k \sigma \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \alpha \cdot 2\pi R \sin \alpha d\alpha}{R^2} = \frac{k \sigma \pi}{R}$$

2) Разбивая сферу на кольца малой ширины dx
 $E_0 = \int dE_0 =$



$$dE_0 = \frac{dq}{R^2} = \frac{dq}{R^2} = \frac{\sigma \cdot 2\pi R \sin \alpha \cdot dx}{R^2} = \frac{\sigma \cdot 2\pi R \sin \alpha \cdot dx}{R^2}$$

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

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

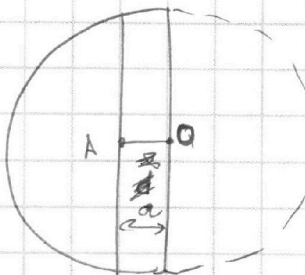
$E_A = ?$

(4) ЗСЭ: $A \rightarrow \infty$

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

W_{n1} - энергия в точке A.

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



В точке "O": $A \rightarrow "O"$
ЗСЭ:

относительно центра

$$\varphi = \frac{F dx}{q} = \frac{E_A q dx}{q}$$

$$\Delta \varphi = E_A dx$$

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

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

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



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!

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

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

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

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!

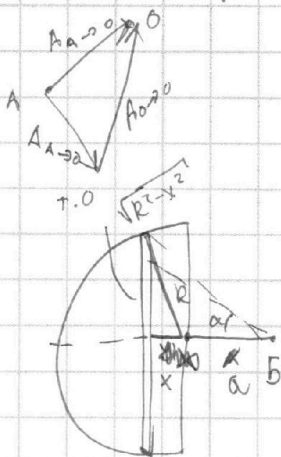
$$F_A = E_A q$$

$$F_0 = E_0 q$$

$$\Phi_A - \Phi_0 = \frac{A_A - \Phi_0}{q} - \frac{A_0 - \Phi_0}{q} = \frac{A_A - \Phi_0}{q} = \frac{A_A - \Phi_0}{q}$$

$$W_{\pi 0} =$$

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



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

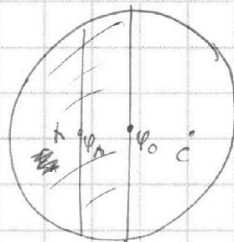
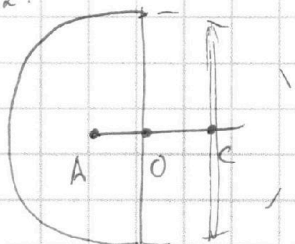
$$W_{\pi 0} = \Phi_0 q = \frac{k Q q}{R}$$

подставлено в ЗСЭ:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{k Q q}{R} + \frac{m v_0^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{\left(\frac{mv^2}{2} - \frac{k Q q}{R}\right) \frac{2}{m}} = \sqrt{v^2 - \frac{k Q q \cdot 2}{R m}}$$

2.



$$\Phi_A = \frac{W_{\pi 1}}{q} = \frac{mv^2}{2q}$$

$$\Phi_0 = \frac{k Q}{R}$$

$$\Phi_C = \Phi_0' - \Phi_m - \Phi_A =$$

$$= \frac{2 R k}{R} - \frac{mv^2}{2q} - \frac{k Q}{R} + \frac{m}{R}$$

равномерно заряженной

В полной сфере:

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

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

$$\Phi_A' = \Phi_m + \Phi_A + \Phi_C$$

$$\Phi_0 = \Phi_m + \Phi_A$$

$$\Phi_m = \Phi_A$$

$$\Phi_A = \Phi_0 - \Phi_m$$

