



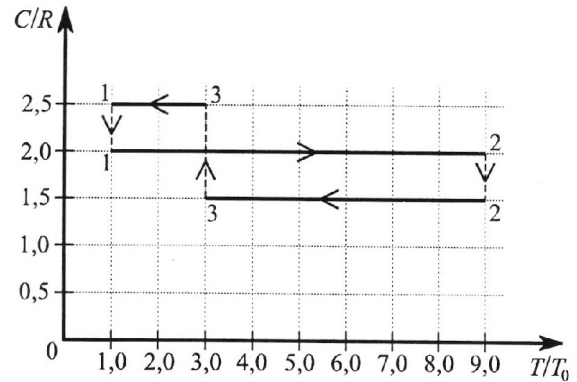
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой  $\nu = 2$  моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче,  $T_0 = 300$  К.



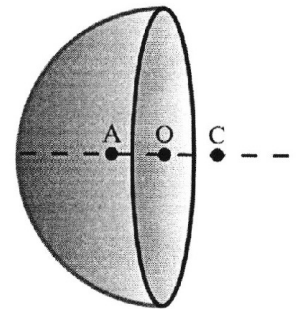
1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какое количество  $Q_1$  теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту  $H$  подъемник медленно переместит груз массой  $M = 150$  кг за  $N = 10$  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  $q$ . В точке О частица движется со скоростью  $V_0$ .



1. С какой скоростью  $V$  частица движется на большом по сравнению с  $R$  расстоянии от точки О? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость  $V_C$ , с которой частица движется в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

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



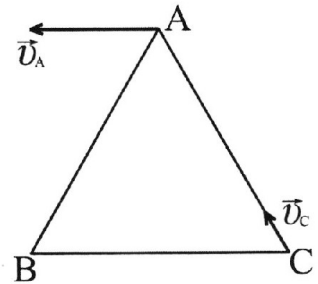
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 10-01

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  $v_A = 0,4$  м/с, а скорость  $\vec{v}_C$  вершины C направлена вдоль стороны CA. Длины сторон треугольника  $a = 0,2$  м.



1. Найдите модуль  $v_C$  скорости вершины C.

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

Пчела массой  $m = 100$  мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

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

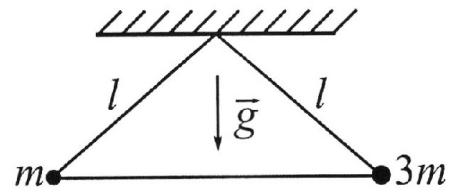
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте  $h = 8$  м фейерверк находился через  $\tau = 0,8$  с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту  $H$  поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрыв ается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью  $V_0 = 20$  м/с. Направление вектора  $\vec{V}_0$  скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

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

3. Два шарика с массами  $m = 0,1$  кг и  $3m$  подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины  $l$ , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплены с легким стержнем длины  $L = 1,6l$ . Систему удерживают так, что шарик находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



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

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

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



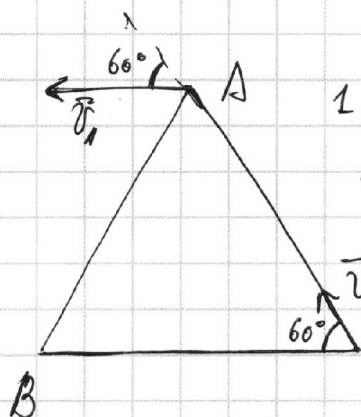
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

## Задача 1



1. Из кинематических связей понятно, что:

$$v_A \cdot \cos 60^\circ = v_C, \text{ иначе}$$

длина отрезка AC увеличивалась бы, поэтому  $v_C = v_A \cdot \cos 60^\circ =$

$$= 0,4 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} = 0,2 \text{ м/с}$$

2. Найдти скорость центра масс  $\vec{v}_c$  и вычитай её из значений всех скоростей. Понятно, что в данный момент что пластинка вращается вокруг центра масс с постоянной скоростью  $\omega$  и частотой.

Найдти мгновенный центр вращения пластинки:

это точка пересечения перпендикуляров, опущенных в моменты с точек, принадлежащих скорости.

Тогда скорость центра масс. В этот момент будет такой:

$$a_y \quad v_{cm} = \omega R_{y,м.}$$

$$\text{Тогда } v_{y,м.} = \omega R_{y,м.}$$

Всё это из свойств точки пересечения медиан!!!

$$\tan 60^\circ = \frac{a}{x}$$

$$\Rightarrow x = \frac{a}{2} \cdot \cot 60^\circ$$

$$\omega = \frac{v_A}{R} \quad R = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2} \cdot \cot 60^\circ = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2} \cdot \frac{\cos 60^\circ}{\sin 60^\circ} = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{a\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{3a + a}{2\sqrt{3}} = \frac{4a}{2\sqrt{3}} = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$

$$\text{но: } v_{y,м.} = \omega \cdot R_{y,м.}; \quad R_{y,м.} = \frac{3a}{2} \Rightarrow y = \frac{a}{2\sqrt{3}}$$



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

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!

$$\Rightarrow R_{ym} = \frac{a}{2\sqrt{3}} + \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{a}{\sqrt{3}}.$$

$$\Rightarrow v_{ym} = \omega R_{ym} = \frac{v_A}{2a} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{v_A}{2}.$$

$\Rightarrow$  Перейдём в С.О. центра масс и получим,

что  $\kappa$  точки A, B и C будут двигаться со скоростями

$$v' = v_A - v_{ym} = v_A - \frac{v_A}{2} = \frac{v_A}{2} - \text{скорости этих точек.}$$

тогда. Значит  $\omega_{\text{вр}} = \frac{v'}{R'}$ ;  $R' = 2y =$

$$= \frac{a}{\sqrt{3}} \Rightarrow \omega_{\text{вр}} = \frac{v'}{a} \cdot \sqrt{3} = \frac{v_A}{2a} \cdot \sqrt{3} = \frac{\sqrt{3}}{2a} v_A. R' = 2y.$$

тогда ~~перейдём~~ Значит длина всего круга обращения будет:

$$L = 2\pi R' = 2\pi \cdot 2y = 2\pi \cdot 2 \cdot \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{2\pi a}{\sqrt{3}}.$$

$$\Rightarrow T = \frac{3L}{v_A} = \frac{3 \cdot \frac{2\pi a}{\sqrt{3}}}{v_A} = \frac{2\pi a \sqrt{3}}{v_A} = \frac{2\pi \cdot 0,2 \text{ м} \cdot \sqrt{3}}{0,4 \text{ м/с}} =$$

$$= 2\pi \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} \text{ с} = \pi \sqrt{3} \text{ с.} - \text{ответ.}$$

3. По ~~234~~ II. 3. И:  $\vec{F} = m\vec{a}$ .

Сумма всех сил, приложенных к телу, будет равно произведению массы тела на её ускорение.

В данном случае это будет равно ускорению тела при вращении её на ~~точке~~ <sup>точке</sup> B.

Понятно, что С.О. центра масс инерциальна, потому что её скорость не меняется (у-зи тем, что нет ~~действ~~ <sup>действ</sup> внешних сил) Значит, если мы перейдём в неё, то все ускорения, действующие на систему и тела в ней, сохраняются ~~в ней же~~. При переходе в систему И.С.О.

Тогда, понятно, что  $a_{\text{пл}} = a_{\text{ж}} \cdot a_n$ ,



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!

$$a_n = \frac{v_{н}^2}{R}; \quad v_{н} = v' = \frac{v_A}{2};$$

тогда  $R = R' = 2y = \frac{a}{\sqrt{3}}$  - радиус

$$\rightarrow a_n = \frac{v_A^2}{4} \cdot \frac{1}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = \frac{v_A^2 \cdot \sqrt{3}}{4a}$$

$$\rightarrow R = ma = ma_n = m \cdot \frac{v_A^2 \cdot \sqrt{3}}{4a} \text{ - радиус}$$

$$\rightarrow R = 100 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{(0,4 \cdot 10^2)^2 \cdot \sqrt{3}}{4 \cdot 0,2} =$$

$$= 100 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,16 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{3}}{4 \cdot 0,2} =$$

$$= 10^{-6} \cdot \frac{16 \cdot \sqrt{3}}{4 \cdot 0,2} \text{ Н} = 10^{-6} \cdot \frac{4\sqrt{3}}{0,2} \text{ Н} =$$

$$= 10^{-6} \cdot 20\sqrt{3} \text{ Н} = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$\begin{array}{r} 0,4 \\ \times 0,4 \\ \hline 16 \\ 0,16 \\ \hline 0,16 \\ \times 0,4 \\ \hline 64 \\ 0,64 \\ \hline 2,56 \\ \times 0,4 \\ \hline 1024 \\ 0,1024 \end{array}$$

Ответ: 1)  $v_c = 0,2 \text{ м/с}$ ; 2)  $T = \pi\sqrt{3} \approx 3,14 \cdot \sqrt{3} \text{ с}$ ; 3)  $R = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}$ .



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 из 3

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

## Задача 12.

1. Попробуем, что после ~~сво~~ сгорания топлива ~~двигатель~~ переходит в состояние свободной падения и летит вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$ .

$\Rightarrow y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$  - закон движения фрейдверка.

$$\rightarrow \rightarrow \text{и } h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \quad \times 0,8 \text{ } \frac{y}{4,0}$$

тогда по 3.С.Д:  $\frac{m v_0^2}{2} = m g H \Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g}$

$$\frac{v_0}{g} \rightarrow \frac{v_0^2}{g} = \frac{2 \cdot v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow \frac{v_0^2}{g} = \frac{10 \text{ м}^2}{2} \cdot \frac{0,8 \text{ с}^2}{4,0} =$$

$$\rightarrow v_0 = \frac{h + \frac{g t_1^2}{2}}{t_1} = \frac{h}{t_1} + \frac{g}{2} t_1 = \frac{8 \text{ м}}{0,8 \text{ с}} + \frac{10 \text{ м}^2}{2} \cdot \frac{0,8 \text{ с}}{4,0}$$

$$v_0 = 10 \text{ м/с} + 4 \text{ м/с} = 14 \text{ м/с}$$

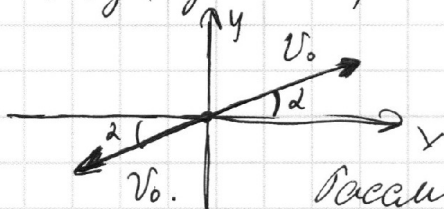
$$\frac{49,8}{49,0} \rightarrow H = \frac{14^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{14 \cdot 14}{2 \cdot 10} \text{ м} = \frac{7 \cdot 14}{10} = \frac{7 \cdot 14}{2 \cdot 5} \text{ м} =$$

$$= \frac{7 \cdot 7}{5} \text{ м} = \frac{49}{5} \text{ м} = 9,8 \text{ м}$$

$$\frac{49,8}{49,0} \rightarrow \frac{49}{5}$$

2. По 3.С.Д. понятно, что второй осколок полетит с такой же скоростью  $v_0$  но в противоположном направлении (т.к. массы равны).

~~Потом заметим, тогда заметим, что все вдоль~~



Ох скорости будут таковыми

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha = \text{const.}$$

Рассмотрим движение вдоль ОУ:

Понятно, что после того, как ~~когда~~ первый осколок ушел, второй еще будет лететь. Значит:



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!

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha; \quad y_1 = H - v_{0y} t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$y_2 = H + v_{0y} t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

$$L = v_{0x} v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_1 + v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_2 =$$

$$= v_0 \cos \alpha (t_1 + t_2); \quad \Rightarrow \frac{g}{2} t_1^2 + v_{0y} t_1 - H = 0$$

$$\frac{g}{2} t_2^2 - v_{0y} t_2 - H = 0 \quad D = v_{0y}^2 + 2gH;$$

$$D = v_{0y}^2 + 2gH; \quad t_1 = \frac{-v_{0y} + \sqrt{v_{0y}^2 + 2gH}}{g}$$

$$t_2 = \frac{v_{0y} + \sqrt{v_{0y}^2 + 2gH}}{g}$$

$$\rightarrow L = v_0 \cdot \cos \alpha \left( \frac{v_{0y} + \sqrt{v_{0y}^2 + 2gH}}{g} + \frac{\sqrt{v_{0y}^2 + 2gH} - v_{0y}}{g} \right) =$$

$$= \frac{v_0 \cdot \cos \alpha}{g} (2\sqrt{v_{0y}^2 + 2gH}) = \frac{2v_0}{g} \cdot \cos \alpha \underbrace{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}_{\max}$$

$\cos \alpha$  может принимать максимуму единицу!

$$E = v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha + 2gH \cdot \cos^2 \alpha \text{ в зависимости от } \alpha.$$

$$\Rightarrow E' = (\cos^2 \alpha (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH))' =$$

$$= 2 \cos \alpha \cdot (-\sin \alpha) \cdot (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH) + \cos^2 \alpha (v_0^2 \cdot 2 \cdot \cos \alpha + 0) =$$

$$= -2 \sin \alpha (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH) + 2 \cos^3 \alpha v_0^2$$

$$\rightarrow 0 = 2 \cos^3 \alpha v_0^2 - 2 \sin \alpha (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH)$$

$$0 = \cos^3 \alpha v_0^2 - v_0^2 \sin^3 \alpha - 2gH \sin \alpha$$

$$E' = (1 - \sin^2 \alpha) (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH)$$

$$0 = \cos^3 \alpha v_0^2 - v_0^2 \sin^3 \alpha - 2gH \sin \alpha$$

$$\cos^3 \alpha v_0^2 = v_0^2 \sin^3 \alpha + 2gH \sin \alpha \quad / : \sin^3 \alpha$$

$$\operatorname{ctg}^3 \alpha v_0^2 = v_0^2 + 2gH \cdot \frac{1}{\sin^2 \alpha}$$

$$\operatorname{ctg}^3 \alpha v_0^2 = v_0^2 + 2gH (\operatorname{ctg}^2 \alpha + 1)$$

$$\operatorname{ctg}^3 \alpha v_0^2 = v_0^2 + 2gH \operatorname{ctg}^2 \alpha + 2gH$$

$$x^3 \cdot 14^2 = 14^2 + 2 \cdot 10 \cdot 9,8 \cdot x^2 + 2 \cdot 10 \cdot 9,8$$

$$x^3 \cdot 14^2 - 196x^2 - 14^2 - 196 = 0$$

$$\operatorname{ctg}^2 \alpha = \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} =$$

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

$$\operatorname{ctg} \alpha = x$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 14 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\frac{196}{196} = 1$$



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  
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!

$$196x^3 - 196x^2 - 196 - 196 = 0$$

$$x^3 - x^2 - 2 = 0$$

$$-4 \pm 4 \pm 2 \rightarrow 8$$

$$-8$$

|   |   |   |    |
|---|---|---|----|
| 1 | 4 | 0 | -2 |
| 2 | 3 | 5 | 10 |
|   |   |   | 18 |

$$\begin{array}{r} 196 \\ \times 2 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$9,8 \cdot 10 \cdot 2 = 196$$

$$0 = \cos^3 \alpha - \sin^3 \alpha = \sin \alpha$$

$$0 = 2 \cos \alpha \sin \alpha (V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH)$$

$$L_{\max} = \frac{2V_0}{g} \cdot \sqrt{\cos^2 \alpha (V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH)} = \frac{2V_0}{g} \cdot 14 \sqrt{\cos^2 \alpha (\sin^2 \alpha + 1)} =$$

$$= \frac{28V_0}{g} \sqrt{\cos^2 \alpha (\sin^2 \alpha + 1)}$$

$$E = \cos^2 \alpha (\sin^2 \alpha + 1) \Rightarrow E' = 2 \cos \alpha \cdot (-\sin \alpha) (\sin^2 \alpha + 1) + \cos^2 \alpha (2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha) =$$

$$= -2 \cos \alpha \cdot \sin^3 \alpha + 2 \sin \alpha \cdot \cos^3 \alpha + 2 \sin \alpha \cdot \cos^3 \alpha$$

$$\Rightarrow 0 = 2 \cos \alpha \sin \alpha (2 \sin \alpha \cos^2 \alpha - \sin^3 \alpha - \sin \alpha \cos^2 \alpha)$$

$$0 = \sin \alpha \cdot \cos \alpha (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha - 1)$$

$$\Rightarrow \sin \alpha \cdot \cos \alpha = 0 \quad \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1$$

$$\sin 2\alpha = 0 \quad \cos 2\alpha = 1 \quad \text{или} \quad 2\alpha = 0^\circ$$

$$\text{или} \quad \alpha = 0^\circ \text{ или } \alpha = 45^\circ$$

$$\Rightarrow L_{\max} = \frac{28V_0}{g} \cdot \sqrt{1 \cdot (0+1)} = \frac{28V_0}{g} = \frac{28 \cdot 14 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} =$$

$$= 28 \cdot 1,4 = 39,2 \text{ м.}$$

Ответ:  $H = 9,8 \text{ м}; L_{\max} = 39,2 \text{ м.}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 из 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!

Задача 1.

$2l \cdot \cos \alpha = 1,6 l$   
 $\cos \alpha = 0,8$   
 $\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,8^2} = \sqrt{1 - 0,64} = 0,6$

$T_1 \sin \alpha = mg$   
 $T_2 \sin \alpha = 3mg$

$4mg \cdot 0,4l = \varepsilon \cdot I$   
 $1,6mg = \varepsilon \cdot I$   
 $I = 3m \cdot l^2 + m \cdot l^2 = 4ml^2$   
 $\varepsilon = \frac{1,6mg}{4ml^2} = \frac{0,4g}{l}$   
 $x = 0,4l$

Понятно, что значение  $N_1$  и  $N_2$  должно быть равным, так как стержень невесомый нерастяжимый, значит, пусть  $N_1 = N_2 = N$ , тогда и

для левого шарика:  $\vec{N} + \vec{T}_1 + \vec{mg} = m\vec{a}_1$

Вбудет проходить вращение относительно точки O:

$$\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon; \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

Вначале скорость всех точек равна нулю, поэтому  $a_n = 0$ ; значит  $a_r = \frac{dv}{dt} = \frac{d\omega \cdot R}{dt} = \varepsilon R$

можем записать что:

$$\sum M_i = \varepsilon I; \quad \text{от O: } \varepsilon$$

$$\therefore 3mg \cdot l \cdot \cos \alpha - mg \cdot l \cdot \cos \alpha + N \cdot \sin \alpha \cdot l - N \sin \alpha \cdot l = \varepsilon \cdot I$$

$$\Rightarrow 2mg l \cdot \cos \alpha = \varepsilon I$$

$$I = 3m \cdot l^2 + m \cdot l^2 = 4ml^2$$

$$\Rightarrow 2mg l \cos \alpha = \varepsilon \cdot 4ml^2$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{2g \cos \alpha}{2l}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{g \cos \alpha}{l}$$



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!

Продолжим 3-й этап

Тогда  $a_T$  - перпендикулярно первой нити ~~и будет равно~~; и будет направлено по углам:

$$\varphi = 180^\circ - 90^\circ - \alpha = 90^\circ - \alpha$$

$$\Rightarrow \sin \varphi = \sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha = 0,8 \text{ - ответ} = \sin \alpha_1$$

Ответ  $\sin \alpha_1 = 0,8$

2. Знаем, что  $\varepsilon = \frac{g \cdot \cos \alpha}{2l}$ , знаем и значение

$$\begin{aligned} a_1 &= \varepsilon \cdot R = \frac{g \cdot \cos \alpha}{2l} \cdot R; \quad R \neq l \Rightarrow a_1 = \frac{g \cdot \cos \alpha}{2l} \cdot l = \\ &= \frac{g \cdot \cos \alpha}{2} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,8}{2} = 5 \cdot 0,8 \text{ м/с}^2 = \\ &= 4 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 13,2 \overline{) 132} \\ \underline{12} \phantom{0} \\ 12 \phantom{0} \\ \underline{12} \phantom{0} \\ 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3 \overline{) 9,6} \\ \underline{6} \phantom{0} \\ 3 \phantom{0} \\ \underline{3} \phantom{0} \\ 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \overline{) 2,2} \\ \underline{2} \phantom{0} \\ 0 \end{array}$$

3. Введём оси координат, что:

$\vec{F} = m\vec{a}$  (по второму З.Н):

$$T_1 \cdot \sin \alpha - mg = m \cdot a_1 \cdot \cos \alpha$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{m a_1 \cdot \cos \alpha + mg}{\sin \alpha} = m \cdot \frac{a_1 \cdot \cos \alpha + g}{\sin \alpha} =$$

$$= 0,1 \text{ м} \cdot \left( \frac{4 \text{ м/с}^2 \cdot 0,8 + 10 \text{ м/с}^2}{0,6} \right) = \frac{13,2 \text{ м/с}^2 \cdot 0,1 \text{ м}}{0,6} =$$

$$= \frac{13,2 \cdot 1}{6} \text{ Н} = 2,2 \text{ Н.}$$

Ответ.  $\sin \alpha_1 = 0,8$ ;  $a_1 = 4 \text{ м/с}^2$ ;  $T = 2,2 \text{ Н.}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 из 3

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

### Задача 4.

1. Полагая, что если  $c = 2,5R$ ; то  
 $c = \frac{5}{2}R$  - при изобарном процессе. - то есть  $p = \text{const}$ .

А при  $c = 1,5R = \frac{3}{2}R$  полагая, что процесс изохорный, поэтому  $p$  меняется только давлением и внутренняя энергия газа соответственно.

Рассмотрим процесс при значении:  $2,5 \rightarrow 3 - V = \text{const}$

Рассмотрим процесс при  $c = 2R$ .

Докажем, что это линейная зависимость  $p(V)$ :

$$Q = \Delta U + A; \quad Q = c \nu R \Delta T;$$

$$\text{при } p \propto V \Rightarrow p = \alpha V.$$

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1);$$

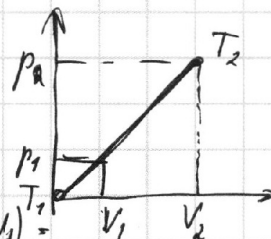
$$\Rightarrow \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1) =$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{1}{2} (p_1 V_2 - p_2 V_1 + p_2 V_2 - p_1 V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1 + \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1 =$$

$$= 2 p_2 V_2 - 2 p_1 V_1 + \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1 =$$

$$= 2 p_2 V_2 - 2 p_1 V_1 = 2 \nu R T_2 - 2 \nu R T_1$$



$$p_2 V_2 = \nu R T_2;$$

$$\text{но } p_2 V_2 = \nu R T; \quad p_1 = \alpha V_1 \Rightarrow \alpha V_1 \cdot V_2 = \nu R T$$

$$p_2 \cdot V_1 = \nu R T; \quad p_2 = \alpha V_2 \Rightarrow \alpha V_2 \cdot V_1 = \nu R T$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} p_2 V_2 = \frac{1}{2} p_2 V_1$$

$$\Rightarrow Q = 2 p_2 V_2 - 2 p_1 V_1 = 2 \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\Rightarrow c \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T \Rightarrow c = 2R - \text{доказано.}$$



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!

Продолжение 4й задачи.

Тогда изобразим график, найдем реперные точки:

• Фаз 1)  $p_0 V_0 = \nu R T_0$ .

В точке 3:  $p_3 = p_0$  (так  $p = \text{const}$ );

$\Rightarrow p_0 p_3 \cdot V_3 = \nu R T_3 = \nu R \cdot 3T_0$ .

$\Rightarrow \frac{V_3}{V_0} = 3 \Rightarrow 3V_3 = 3V_0$ .  $p_3 = p_0$ .

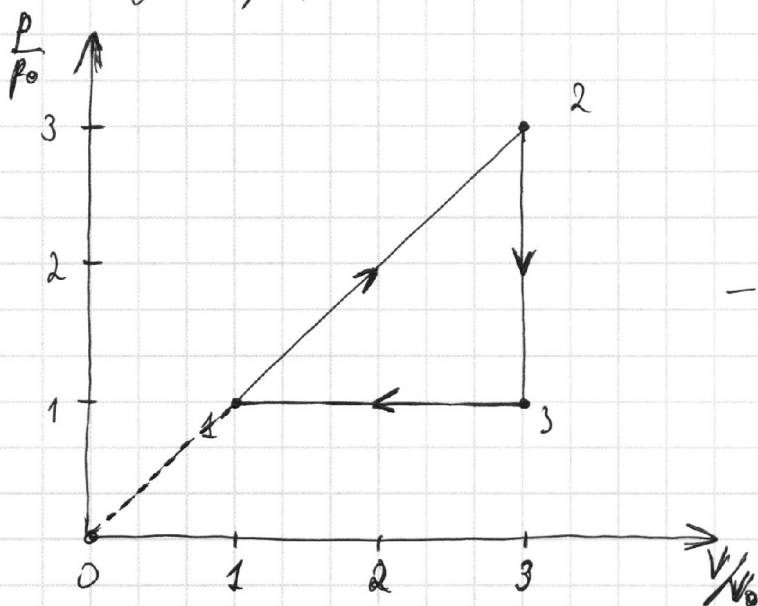
В точке 2:  $V = \text{const} \Rightarrow V_2 = V_3$ ;

$V_3 = 3V_0 \Rightarrow p_2 \cdot 3V_0 = \nu R T_2 = \nu R \cdot 9T_0$ .

$\Rightarrow p_2 \cdot V_0 = \nu R 3T_0$

$\frac{p_2}{p_0} = 3 \Rightarrow 2) p_2 = 3p_0$ ;  $V_2 = 3V_0$ .

Тогда график процесса выглядит так:



- ответ на  
первый пункт.



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!

2. В процессе расширения и сжигания топлива на участке 1-2, машина именно на нём расширяется.

Потому, что  $Q_1 = \oint C_V \cdot dT$ ;  $C = 2R$ .

$$\Rightarrow Q_1 = 2R \cdot V \cdot \Delta T = 2RV(T_2 - T_1) = 2RV \cdot (9T_0 - T_0) = 2RV \cdot 8T_0 = 16RV T_0 = 16 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 2 \text{ моль} \cdot 300 \text{ К} = 79776 \text{ Дж.}$$

$$1 \cdot 300 \text{ К} = 32 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ Дж} = 79776 \text{ Дж.}$$

3. Далее посчитаем работу газа:

$$A = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (3p_0 - p_0) \cdot (3V_0 - V_0) = \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 2V_0 = 2p_0 V_0 = 2 \nu R T_0 = 2 \cdot 2 \text{ моль} \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ К} = 4986 \text{ Дж.}$$

Половина у этой работы уйдёт на поднятие груза

$$\Rightarrow A_{\text{полез}} = \frac{1}{2} A = 2 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж.} - \text{уходит на поднятие груза.}$$

$$\Rightarrow \text{по 3.С2: } A_{\text{полез}} \cdot N = mgh.$$

$$\Rightarrow h = \frac{A_{\text{полез}} \cdot N}{mg} = \frac{4986 \text{ Дж} \cdot 10}{150 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 33,24 \text{ м.}$$

Ответ:  $Q_1 = 79776 \text{ Дж}$ ;  $h = 33,24 \text{ м.}$



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

1 2 3 4 5 6 7  
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

СТРАНИЦА  
 1 из 3

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

### Задача 5.

Запишем ЗСЭ для данной частицы, где  
 запишем, что в энергию частицы в поле  $\Phi$ :

тогда  $E = \frac{mv_0^2}{2} + q \cdot \Phi.$

Тогда значение функции или суммы малых  $d\Phi = \frac{kda}{R}$ .  $\Phi = \sum \frac{kda}{R} = \frac{k}{R} \cdot \sum da = \frac{kQ}{R}$  - сумма ~~всех~~ потенциалов.

$\Rightarrow E = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{kQ \cdot q}{R};$

Далее будем углублять частицу на расстояние  $x$  от точки  $O$ :

$\rightarrow E = \frac{mv^2}{2} + q \cdot \Phi';$

$\Phi' = \frac{kda}{R'};$

$(R')^2 = x^2 + R^2 - 2Rx \cdot \cos \alpha;$

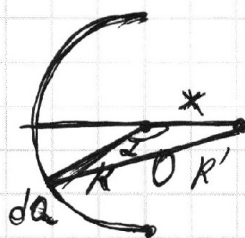
Заметим, что если  $x \gg R$ , то значение  $x^2 \gg R^2$ , тогда  $R \cdot \cos \alpha$  еще меньше  $x$  во много раз, поэтому

мы можем упрощать  $R \rightarrow 0$ , и тогда получим, что:

$\Phi' = \frac{kda}{\sqrt{x^2 + R^2}}; \text{ значит и } \Phi = \frac{kQ}{\sqrt{x^2 + R^2}}; \text{ но}$

~~то если  $x \gg R$ , то и  $\Phi = \frac{kQ}{x} = kQ \cdot (x^2 + R^2)^{-\frac{1}{2}} =$~~   
 ~~$= kQ \cdot (x^2)^{-\frac{1}{2}} = \frac{kQ}{x} \cdot (1 + \frac{R^2}{x^2})^{-\frac{1}{2}}$~~

если  $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{kQ}{x} = 0$ ; значит можно записать, что:





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!

Потому запишем, что:  $\frac{mv_0^2}{2} + \frac{kQq}{R} = \frac{mv^2}{2} + 0$ .

$$\rightarrow v^2 = v_0^2 + \frac{2kQq}{mR}$$

$$\rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2kQq}{mR}}$$

$$\frac{m^2 H}{kg^2} \cdot \frac{kg^2}{m \cdot m} = \frac{m \cdot m \cdot m}{e^2 \cdot m} = \frac{m^2}{e^2}$$

2. В море. Помните, что если  $E = \text{const}$  - энергия сохраняется; то:

$$E_0 = \frac{mv_0^2}{2} + q \cdot \varphi_0 = E_A - \text{энергия в море A.}$$

$$\Rightarrow 0 + q \cdot \varphi_A = \frac{mv_0^2}{2} + q \cdot \varphi_0$$

$$\rightarrow q \cdot \varphi_A = \frac{mv_0^2}{2} + q \cdot \frac{kQ}{R}$$

нужно найти значение  $\varphi_A$ .

$$\text{моща: } d\varphi_A = \frac{k dQ}{r_i}, \quad r_i^2 = x^2 + R^2 - 2xR \cdot \cos \varphi.$$

$$\varphi_A = k \cdot \sum \frac{dQ}{\sqrt{x^2 + R^2 - 2xR \cos \varphi}}$$

$$\varphi_A = k \cdot \sum \frac{dQ}{\sqrt{x^2 + R^2 - 2xR \cos \varphi}} \quad dE_A = dE \cdot \cos \alpha;$$

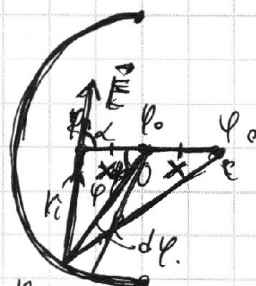
$$\sin(180^\circ - \alpha) = \cos \sin \alpha. \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{R^2}{r_i^2} \sin^2 \varphi}$$

$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{r_i}{\sin \varphi} \rightarrow \sin \alpha = \frac{R}{r_i} \cdot \sin \varphi.$$

$$\rightarrow dE_A = dE \cdot \cos \alpha = \frac{k dQ}{r_i^2}$$

$$\varphi_1 = \frac{k dQ}{\sqrt{x^2 + R^2 - 2xR \cos \varphi}}$$

$$\varphi_2 = \frac{k dQ}{\sqrt{x^2 + R^2 - 2xR \cos \varphi}}$$



$$\begin{aligned} & \varphi_A = k \cdot \sum \frac{dQ}{\sqrt{x^2 + R^2 - 2xR \cos \varphi}} \\ & \varphi_A = k \cdot \sum \frac{dQ}{\sqrt{26 \cdot 2 - 2 \cdot 0.16 \cdot 2 \cdot \cos \varphi}} \\ & \varphi_A = k \cdot \sum \frac{dQ}{\sqrt{52 - 0.64 \cos \varphi}} \\ & \varphi_A = k \cdot \sum \frac{dQ}{\sqrt{52 - 0.64 \cos \varphi}} \\ & \varphi_A = k \cdot \sum \frac{dQ}{\sqrt{52 - 0.64 \cos \varphi}} \end{aligned}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
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!

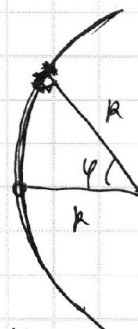
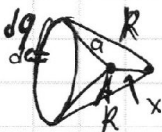
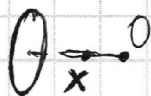
$$\varphi_c = k \cdot \sum k dQ$$

$$S = 2\pi R^2;$$

$$\delta = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{2\pi R^2}$$

$$\Rightarrow \varphi_c = k \sum \frac{dQ}{\sqrt{x^2 + R^2 - 2xR \cos \varphi}}; dQ = \delta \cdot dS$$

~~ds~~ Рассмотрим малые элементы: ~~em~~



$$d\varphi_x = \frac{k \cdot q}{R} \cdot \frac{k \cdot dq}{R} = \frac{k d\varphi \cdot \rho}{R}; \varphi_x = \frac{k \rho}{R} \cdot \varphi = \frac{k q}{R}$$

$$\text{если } R=a; \text{ то } \varphi_x = \frac{k q}{a}$$

$$\varphi_x = \frac{k q}{a} \text{ тогда } \varphi_i = \frac{k q_i}{a_i}; R \cdot \sin \varphi = R_i$$

$$R_i = 2\pi R_i = 2\pi R \sin \varphi$$

$$dr \cdot \varphi_i = dr \cdot 2\pi R \sin \varphi = S_i$$

$$S = 2\pi R^2$$

$$\Rightarrow \varphi_i = S_i \rho; \rho = \frac{Q}{2\pi R^2}; \Rightarrow \varphi_i = \frac{Q}{2\pi R^2} \cdot 2\pi R dr \sin \varphi =$$

$$= \frac{Q}{R} \cdot \sin \varphi \cdot dr$$

