



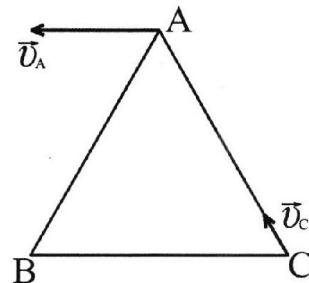
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**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 совершил 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.

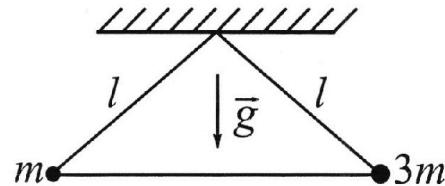
- 2.** Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте  $h = 8$  м фейерверк находился через  $\tau = 0,8$  с после начала полета.

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 разрывается 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  $L_{\text{MAX}}$  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. Шарики скреплены с легким стержнем длины  $L = 1,6l$ . Систему удерживают так, что шарики 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.



**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**

**Вариант 10-01**



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.*

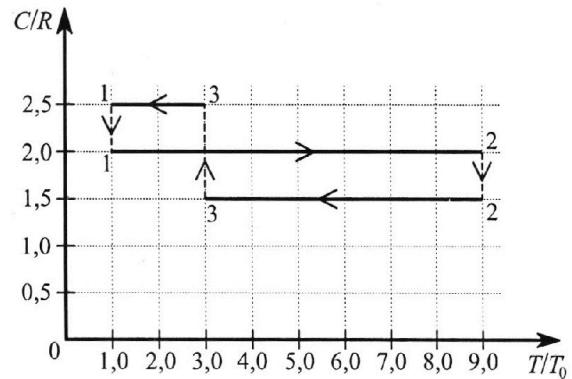
- 4.** Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой  $v = 2$  моль однотипного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче,  $T_0 = 300 \text{ K}$ .

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

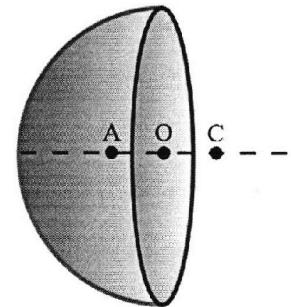
2. Какое количество  $Q_1$  теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту  $H$  подъемник медленно переместит груз массой  $M = 150 \text{ кг}$  за  $N = 10$  циклов тепловой машины?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$ . 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  $V_o$ .



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.



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**.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

Поскольку пластина сделана из листа металла, то данную конструкцию можно считать жёсткой.

1) В силу жёсткости проекции  $\vec{v}_A$  и  $\vec{v}_C$  на прямую AC должны быть равны. Тогда:

$$v_C = v_A \cos 60^\circ = \frac{v_A}{2} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

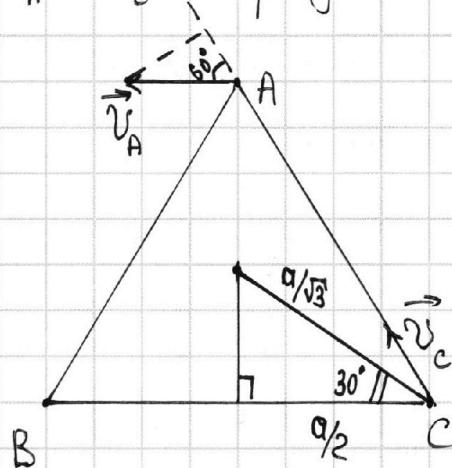
2) Вектора скоростей точек A и C

складываются из вектора скорости

ц.м. (в силу однородности он

совпадает с геом. центром  $\triangle ABC$ ) и вектора скорости вращения

вокруг ц.м. Из геометрии имеем:



(A) Из геометрии  $\vec{v}_{BPA} \parallel \vec{v}_A \Rightarrow \vec{v}_{ym} \parallel \vec{v}_A$ , где

$$\overleftarrow{v_{BPA}} \quad \overrightarrow{v_{ym}}$$

$v_{ym}$  — скорость ц.м.,  $v_{BPA}$  — скорость вращения A вокруг ц.м.

$$\overrightarrow{v_c} \quad \overrightarrow{v_{BPC}} \quad \overrightarrow{v_{ym}}$$

(B) Из геометрии  $|\vec{v}_c| = |\vec{v}_{BPC}| = |\vec{v}_{ym}|$ , т.к. эти вектора образуют правильный  $\triangle$  ( $v_{BPC}$  — скорость вращения C) вокруг ц.м.

Пусть  $w$  — угл. скорость вращения системы относительно ц.м. Тогда:

$$\begin{cases} v_A = v_{BPA} + v_{ym} \\ v_C = v_{ym} = v_{BPC} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_A = v_{ym} + w \frac{\alpha}{\sqrt{3}} \\ \frac{v_A}{2} = v_{ym} = w \frac{\alpha}{\sqrt{3}} \end{cases} \Rightarrow w = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{v_A}{\alpha} = \sqrt{3} \frac{v_A}{\alpha}$$



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

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input checked="" 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!

Тогда:

$$\tau = \frac{2\pi \cdot 3}{\omega} = (2\pi \cdot \sqrt{3}) C = 2\sqrt{3}\pi C$$

3) Поскольку масса пчелы  $m \ll M$  (пластины), то изменением характера движения пластины можно пренебречь. Тогда пчела будет испытывать на себе действие только одной\* силы  $F$ , возникающей в следствие центробежного ускорения  $\alpha_{yc}$ .

Тогда:

$$F = m\alpha_{yc} = m\omega^2 \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} \rightarrow F = 10^{-4} \text{ кг} \cdot 3 \text{ с}^{-2} \cdot \frac{0.2 \text{ м}}{\sqrt{3}} = 0.2 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{3} \text{ Н} = 20\sqrt{3} \text{ мкН}$$

\* имеется в виду, что  $\vec{R} = \vec{F}$ , поскольку сила тяжести и сила реакции опоры полностью компенсируют друг друга.

Ответ: 1)  $0.2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  2)  $2\sqrt{3}\pi C$  3)  $20\sqrt{3} \text{ мкН}$



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

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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) Из условия мгновенного спорания топлива следует, что в начальный момент времени фейерверк обрёл некую начальную скорость  $v_{\text{нач}}$ , а затем двигался в однородном поле тяжести с ускорением  $\vec{g}$ . Пусть на высоте  $h=8\text{м}$  он имел скорость  $v_h$ .

Тогда:

$$\begin{cases} v_h = v_{\text{нач}} - gt \\ h = v_{\text{нач}}t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

Тогда:

$$h = v_{\text{нач}}t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow v_{\text{нач}} = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тогда максимальная высота подъёма равна:

$$H = \frac{v_{\text{нач}}^2}{2g} = 9,8 \text{ м}$$

2) Поскольку на высоте  $H$  скорость фейерверка равна 0, а массы осколков одинаковы, то по ЗСИ вектора скоростей осколков равны по модулю, но противоположны по направлению.

Пусть скорость I осколка направлена под углом  $\alpha$  вверх

( $\alpha < 0$ , если вниз) к горизонту. Пусть  $L_1$  — расстояние между точкой запуска фейерверка и точкой приземления I осколка. Тогда:

см. след. стр.



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**.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

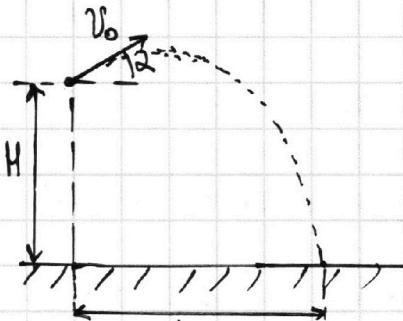
$$\begin{cases} H = V_0 \sin \alpha \cdot t \cdot (-1) + \frac{gt^2}{2} \\ L_1 = V_0 \cos \alpha \cdot t \end{cases}$$

$t$  - время полёта I осколка

$$gt^2 - 2V_0 \sin \alpha \cdot t - 2H = 0$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \alpha \oplus \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 4gH}}{2g} = \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \quad (\oplus \text{ т.к. } V_0 \sin \alpha < \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH})$$

$$L_1 = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$



Очевидно, что для II осколка всё аналогично с той лишь разницей

что угол равен  $(-\alpha)$ . Тогда:

$$L_2 = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{-V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$L = L_1 + L_2 = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}, \text{ где } L - \text{ расстояние между}$$

осколками после их приземления.

$$L = \frac{2V_0^2}{g} \sqrt{\sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \frac{2gH}{V_0^2} \cos^2 \alpha} = \frac{2V_0^2}{g} \cdot \sqrt{k(\alpha)}, \text{ где } k = \sqrt{\sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \frac{2gH}{V_0^2} \cos^2 \alpha}$$

$L = L_{\max}$  при  $k = k_{\max}$ . Тогда производной функцию  $k(\alpha)$ :

$$k'(\alpha) = 2 \cdot \frac{1}{2} \sin \alpha \cos \alpha \cdot 2 \sin \alpha \cos \alpha \cdot (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) + \frac{2gH}{V_0^2} \cdot 2 \cos \alpha \cdot (-\sin \alpha) = 0$$

$$\textcircled{1} \sin \alpha = 0 \text{ или } \cos \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0^\circ \text{ или } \alpha = 90^\circ$$

$$\textcircled{2} \sin \alpha \neq 0 \neq \cos \alpha \Rightarrow (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) - \frac{2gH}{V_0^2} = 0 \Rightarrow 1 - 2 \sin^2 \alpha - \frac{4g}{100} = 0$$

$$2 \sin^2 \alpha = \frac{51}{100} \Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{51}{200}$$

см. след. стр.



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 type="checkbox"/> |

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!

Для каждого из найденных значений посчитаем  $k(\alpha)$ :

$$\alpha = 0^\circ : k(0) = \frac{2gH}{V_0^2} = \frac{49}{100}$$

$$\alpha = 90^\circ : k(90^\circ) = 0$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{51}{200} : k = \sin^2 \alpha (1 - \sin^2 \alpha) + \frac{49}{100} (1 - \sin^2 \alpha) = \frac{49}{200} \cdot \frac{151}{200} + \frac{49}{100} \cdot \frac{51}{200} + \frac{49}{100} \cdot \frac{149}{200} = \\ = \frac{51 \cdot 149 + 49 \cdot 149 \cdot 2}{200^2} = \frac{149 \cdot 100 + 49 \cdot 149}{200^2} = \left(\frac{149}{200}\right)^2$$

$$\left(\frac{149}{200}\right)^2 > \frac{49}{100} > 0 \Rightarrow k_{\max} = \left(\frac{149}{200}\right)^2$$

Тогда:

$$L_{\max} = \frac{2V_0^2}{g} \cdot \sqrt{k_{\max}} = \frac{2 \cdot 400}{10} \cdot \frac{149}{200} \text{ м} = \frac{4 \cdot 149}{10} \text{ м} = 59,6 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $H = 9,8 \text{ м}$  2)  $L_{\max} = 59,6 \text{ м}$

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

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

+) Поскольку нить нерастяжима,  
то шарики будут двигаться  
по дугам окружности  
радиуса  $L$ . При этом

в начальный момент

времени нормальная проекция

ускорения равна 0, т.к. в начальный момент

времени скорость шарика также равна 0. При этом

ускорение направлено вверх к горизонту, т.к. момент сил тяжести

относительно 0 (точки крепления нитей) равен  $2mg \cdot 0,8L > 0$

(если считать вращение по часовой стрелке за положительный  
момент). Тогда из геометрии (см. рис.)  $\sin \alpha = \frac{0,8L}{L} = 0,8$ .

2) Введём оси  $X$  и  $Y$  нити, связанный с шариком  $m$ . Тогда:

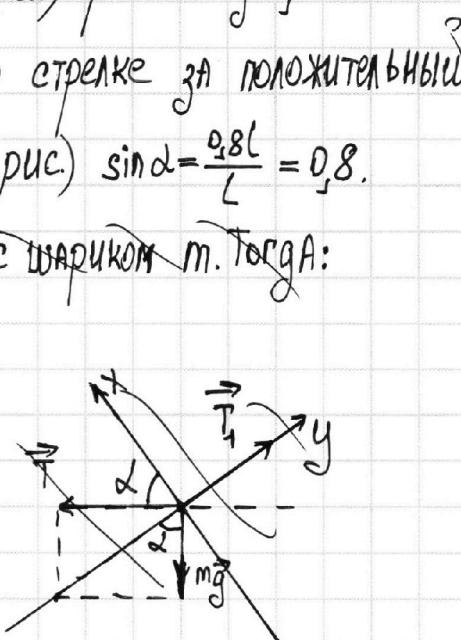
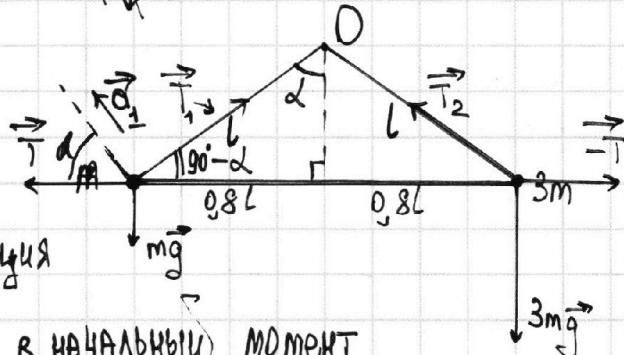
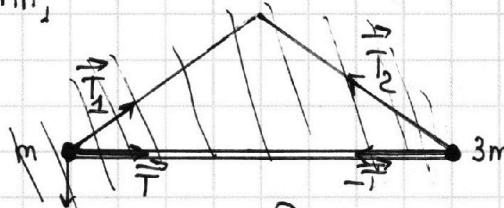
$$\textcircled{X}: m\ddot{\alpha}_1 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$\textcircled{Y}: \ddot{\alpha} = \dot{T}_1^2 + \dot{m}$$

Из геометрии и того, что нормальная проекция ускорения равна 0 имеем:

$$\frac{T}{mg} = \tan \alpha$$

см. след. стр.





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 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!

Тогда:

$$m\alpha_1 = mg \cdot \tan \alpha \cdot \cos \alpha$$

(y):

2) Заметим, что ускорение шарика  $\vec{\alpha}_2$  также направлено под углом  $\alpha$  к горизонту, но вниз.

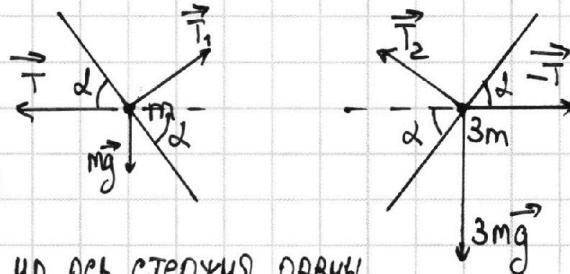
Тогда спроектируем для каждого шарика ЗН на оси  $1$  и  $2$ :

$$m\alpha_1 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$3m\alpha_2 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

В приближении жёсткого стержня

проекции ускорений шариков на ось стержня равны.



Тогда:

$$\alpha_1 \cos \alpha = \alpha_2 \cos \alpha \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2$$

$$\begin{cases} m\alpha_1 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha \\ 3m\alpha_1 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow 4m\alpha_1 = 2mg \sin \alpha \Rightarrow \alpha_1 = g \cdot \frac{\sin \alpha}{2} = 0,4g = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$3) T = \frac{1}{\cos \alpha} mg = 4 \frac{m}{c^2} \left( \frac{\sin \alpha}{2} + \sin \alpha \right) = \frac{3}{2} \cdot g \cdot 2 \cdot mg = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} mg = 2mg = 2H$$

Ответ: 1)  $\sin \alpha = 0,8$  2)  $4 \frac{m}{c^2}$  3)  $2H$



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.

- |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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) Заметим, что для однодатомного газа при  $C = \frac{3}{2}R$  происходит изохорный процесс, а при  $C = \frac{5}{2}R$  — изобарный.

Рассмотрим случай  $C = 2R = \frac{4}{2}R$ :

$$Q = 2\gamma R\Delta T = \frac{3}{2}\gamma R\Delta T + \frac{1}{2}\gamma R\Delta T = \Delta V + A \Rightarrow A = \frac{1}{2}\gamma R\Delta T$$

т.к.  $C = 2R$

Пусть  $\Delta p$ ,  $\Delta V$ ,  $\Delta T$  — очень малые изменения соотв. величин. Тогда:

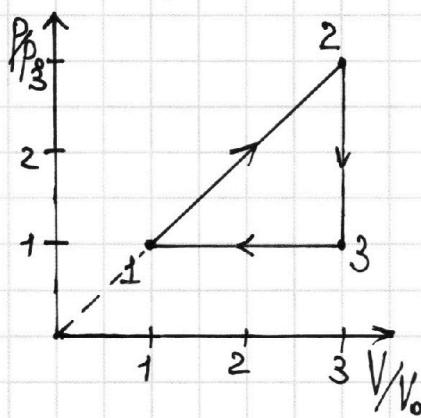
$$\begin{cases} PV = \gamma RT \\ (\bar{p} + \Delta p)(V + \Delta V) = \gamma R(T + \Delta T) \end{cases} \Rightarrow \Delta p \cdot V + \bar{p} \Delta V = \gamma R \Delta T \quad (\Delta p \Delta V \rightarrow 0)$$

Тогда:

$$\begin{cases} \Delta p \cdot V + \bar{p} \Delta V = \gamma R \Delta T \\ A = \bar{p} \Delta V = \frac{1}{2} \gamma R \Delta T \end{cases} \Rightarrow \Delta p \cdot V + \bar{p} \Delta V = 2 \bar{p} \Delta V \Rightarrow \Delta p \cdot V = \bar{p} \Delta V \Rightarrow \frac{\Delta p}{\Delta V} = \frac{\bar{p}}{V}$$

Поскольку  $\frac{\Delta p}{\Delta V} = \frac{\bar{p}}{V}$  справедливо для любого момента времени, когда  $C = 2R$ , то имеем на этом участке прямую пропорциональность  $p \sim V$ .

Тогда график имеет следующий вид:





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

2) Из графика  $P_0 \left( \frac{V}{V_0} \right)$  видно, что газ расширяется лишь на участке 1-2. В этом процессе его теплоёмкость  $C=2R$ .

Тогда:

$$Q_1 = 2R \cdot 2 \cdot 8T_0 = 16RT_0 = (16 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300) D\kappa = 79776 D\kappa$$

3) работа газа за один цикл равна (по графику  $P_0 \left( \frac{V}{V_0} \right)$ ):

$$A_{цикл} = 2P_0 \cdot 2V_0 \cdot \frac{1}{2} = 2P_0 V_0 = 2RT_0$$

Для системы груз-подъёмник имеем:

$$MgH = \frac{1}{2} N \cdot 2RT_0 = NRT_0$$

$$H = \frac{NRT_0}{Mg} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300}{150 \cdot 10} m = 4 \cdot 8,31 m = 33,24 m$$

Ответ: 1) см. стр. 1    2) 79776 D\kappa    3) 33,24 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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

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) -

2) Пусть на участке АО работа эл. стат. сил равна A.

Тогда по ЗИПМЭ имеем:

$$A = \frac{mV_0^2}{2}$$

Для участка ОС представим, что частица движется в суперпозиции поля полной сферы зарядом  $2Q$  и полусферы зарядом  $(-Q)$ , где последняя занимает всю часть сферы, не занятой исходной полусферой. Пусть при перемещении из О в С эл. стат. силы совершили работу  $A'$ . Заметим, что вклад

поля полной сферы равен 0, т.к. внутри <sup>половинки</sup> сферы  $F_{кул} = 0$ .

Тогда работу совершает только эл. поле полусферы  $(-Q)$ ,

при этом в силу симметрии любой элементарной работе

с участка ОС можно сопоставить единственную элементарную работу с участком АО, выполненную на симметричном малом

отрезке. Тогда  $A' = A$ . Отсюда:

$$\left. \begin{aligned} \frac{mV_0^2}{2} &= A \\ \frac{mV_c^2}{2} &= A + A' \end{aligned} \right| \Rightarrow V_c^2 = 2V_0^2 \Rightarrow V_c = V_0\sqrt{2}$$

Ответ:  $V_c = V_0\sqrt{2}$ . 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**.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
ИЗ

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

$$c = \text{const} \rightarrow PV^n = \text{const}$$

$$Q = \frac{3}{2} \nabla R \Delta T + \int_{V_{\text{ нач}}}^{V_{\text{ кон}}} P dV = \frac{3}{2} \nabla R \Delta T + \nabla R \Delta T \int_{P_{\text{ нач}}}^{P_{\text{ кон}}} \frac{dV}{P} =$$

$$\textcircled{1} C = \frac{5}{2} R$$

$$Q = \frac{3}{2} \nabla R \Delta T + \nabla R \Delta T \rightarrow P = \text{const}$$

$$\textcircled{2} C = \frac{3}{2} R$$

$$Q = \nabla R \Delta T \rightarrow V = \text{const}$$

$$\textcircled{3} C = \frac{4}{2} R$$

$$\Delta P = \Delta V$$

$$Q = \frac{3}{2} \nabla R \Delta T + \frac{1}{2} \nabla R \Delta T$$

$$\textcircled{4} PV = \nabla RT$$

$$(P + \Delta P)(V + \Delta V) = \nabla R(T + \Delta T)$$

$$\frac{1}{AT} = \frac{1}{AP} + \frac{1}{AV}$$

$$\Delta P V + P \Delta V = \nabla R \Delta T$$

$$\Delta P \cdot V + P \cdot \Delta V = 2 \cdot P \Delta V$$

$$\Delta P V - P \Delta V$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta V}{V} \quad \frac{\Delta P}{\Delta V} = \frac{P}{V} \rightarrow P \sim V$$



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.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

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

$$16 \cdot 2 \cdot 300 = 9600$$

$$\begin{array}{r} \cdot 9600 \\ \hline - 831 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \cdot 831 \\ \hline - 96 \\ \hline 4986 \\ - 7479 \\ \hline 99776 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \cdot 831 \\ \hline 96 \\ 4986 \\ - 7479 \\ \hline 99776 \end{array}$$

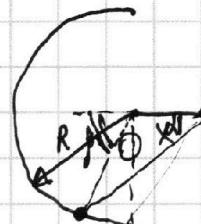
$$W = \frac{\alpha E^2}{2}$$

$$\frac{K\pi \cdot m^2}{c^2} \quad K_A \cdot \frac{H^2}{K_A^2} = \frac{K\pi^2 \cdot m^2}{c^4 \cdot K_A}$$

$$K_P \leq c^2 \cdot K_A$$

$$K \left[ \frac{K\pi \cdot m}{c^2}, \frac{K^2}{m^2} \right] = \left[ \frac{K\pi \cdot K_A^2}{m \cdot c^2} \right]$$

$$E \left[ \frac{H}{K_A} \right] = \left[ \frac{K\pi \cdot m}{c^2 \cdot K_A} \right]$$



$$\tan \alpha_{\max} = \frac{R}{x}$$

$$\beta = \alpha + \arcsin \left( \sin \alpha \cdot \frac{x}{R} \right)$$