



**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, $T_0 = 300 \text{ K}$.

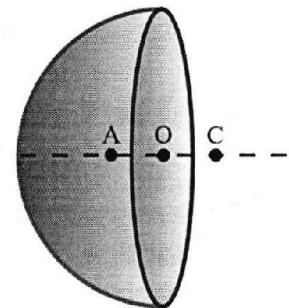
- Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, где P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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

- 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.
- 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.



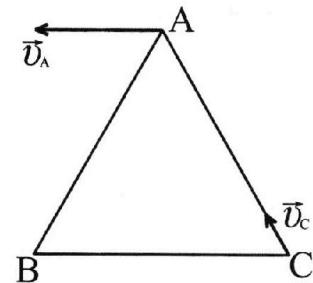
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

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 τ 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.

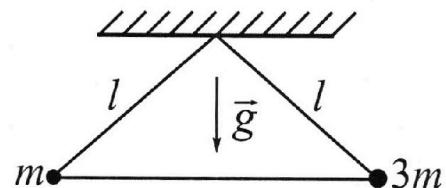
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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_{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 α 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/с².

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

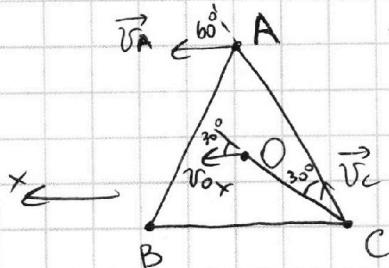
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" 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!

N1



1. т.к. стержень AC не растягивается, то

проекция скорости v_A (на стержень должна быть одинаковой =)

$$v_A \cdot \cos 60^\circ = v_C \Rightarrow v_C = 0,4v/c \cdot \frac{1}{2} = 0,2v/c$$

2. В системе центра масс все скорости должны быть \perp

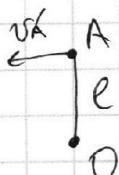
направленного из центра в точку, т.к. \vec{v}_A уже соблюдает это

условие, то можем посчитать v_{0x} и посчитать \vec{v}_A в системе центра масс: нерастягиваемость OC: $v_{0x} \cdot \cos 30^\circ = v_C \cdot \cos 30^\circ =$

$v_{0x} = v_C = 0,2v/c =$ в системе отсчета центра масс:

$$v_A' = v_A - v_{0x} = 0,2v/c$$

$$|AO| = l = \frac{a/2}{\cos 30^\circ} = \frac{a}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} =$$



$$\omega = \frac{v_A'}{l} = T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \cdot l}{v_A'}$$

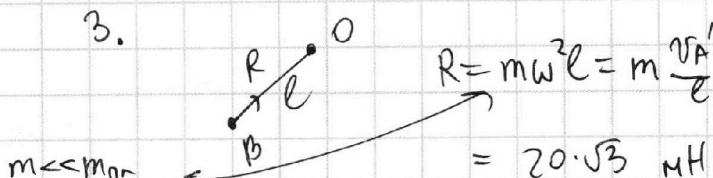
ω - угловая скорость вращения
в системе ц.м.

T - время, за которое
составит один оборот

$$T = 3T = \frac{6\pi \cdot l}{v_A'} = \frac{6 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,2v\sqrt{3}}{2}}{(0,2v/c)} =$$

$$= 6,18 \cdot \sqrt{3} c \quad (= 2\pi \cdot \sqrt{3} c)$$

3.



$$R = m\omega^2 l = m \frac{v_A'^2}{l} = 100 \text{ kg} \cdot \frac{(0,2v/c)^2}{0,2v} =$$

$$= 20 \cdot \sqrt{3} \text{ Nm}$$

$m \ll m_{\text{ст}}$
делает только
центробежная
сила

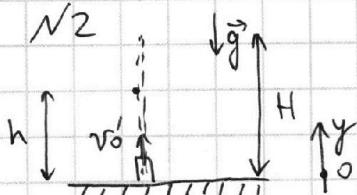
Ответ: 1. $v_C = 0,2v/c$ 2. $T = 6,18 \cdot \sqrt{3} c (= 2\pi \cdot \sqrt{3} c)$

$$3. R = 20 \cdot \sqrt{3} \text{ Nm}$$

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
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. v_0' - начальная скорость фейерверка \Rightarrow

$$y(t) = v_0' \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

высота подъёма фейерверка от времени

известна, что $h = y(\tau) \Rightarrow h = v_0' \cdot \tau - \frac{g \tau^2}{2} \Rightarrow v_0' = \frac{h + \frac{g \tau^2}{2}}{\tau} =$
 $= 8 \text{ м} + \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,8)^2}{0,8 \text{ с}} = 14 \text{ м/с}$

найдём время подъёма: $y(T_{\text{под}}) = 0 \Rightarrow v_0' T_{\text{под}} - \frac{g T_{\text{под}}^2}{2} = 0 \Rightarrow$

$$T_{\text{под}} = \frac{2v_0'}{g} \Rightarrow T_{\text{под}} = \frac{T_{\text{под}} g}{2} = \frac{v_0'}{g} \Rightarrow$$

время, за которое
фейерверк поднимется
на макс. высоту H

$$\boxed{H = y(T_{\text{под}}) = \frac{v_0'^2}{g} - \frac{g \left(\frac{v_0'}{g} \right)^2}{2} = \frac{v_0'^2}{2g} = \frac{(14 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 9,8 \text{ м}}$$

2.
Лучше α -угол направления v_0 к горизонту
 m -масса одного осколка

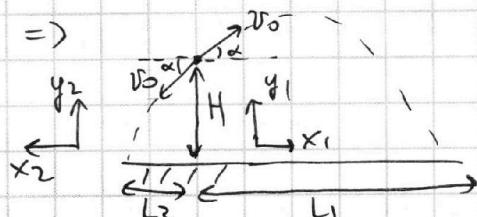
закон сохранения импульса на оси z : $m v_0 + m \cdot v_{2z} = 0 \Rightarrow$

$$v_{2z} = -v_0$$

скорость второго
осколка на
оси z

из-за того, что $v_0 = v_{2z}$, то оно же из-за закона сохр. импульса

$$v_{2x} = v_2 = -v_0 \Rightarrow$$



$$L_{\text{max}} = L_1 + L_2$$

найдём L_2 : $\begin{cases} x_2(t) = \frac{v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t}{v_0 \cdot x_2} \\ y_2(t) = H - \frac{v_0 \sin \alpha \cdot t}{v_0 \cdot y_2} - \frac{g t^2}{2} \end{cases}$



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!

N2

найдём время полёта второго ($T_{\text{пол.2}}$): $y_2(T_{\text{пол.2}}) = 0 \Rightarrow$

$$H - V_0 \sin \alpha \cdot T_{\text{пол.2}} - \frac{g T_{\text{пол.2}}^2}{2} = 0 \Rightarrow T_{\text{пол.2}}^2 \cdot \frac{g}{2} + T_{\text{пол.2}} \cdot V_0 \sin \alpha - H = 0$$

квадратное уравнение: $\Delta = (V_0 \sin \alpha)^2 - 4 \cdot \frac{g}{2} (-H) = V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH$

$$T_{\text{пол.2}} = \frac{-V_0 \sin \alpha \pm \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

берём $+$, т.к. ищем $T_{\text{пол.2}} > 0$

$$x(T_{\text{пол.2}}) = L_2 \Rightarrow L_2 = V_0 \cos \alpha \cdot T_{\text{пол.2}} = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} - V_0 \sin \alpha}{g}$$

аналогично найдём L_1 :

$$\begin{cases} x_1(t) = \underbrace{V_0 \cos \alpha t}_{V_0 x}, \\ y_1(t) = H + \underbrace{V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}}_{V_0 y} \end{cases}$$

найдём время полёта первого ($T_{\text{пол.1}}$):

$$y_1(T_{\text{пол.1}}) = 0 \Rightarrow H + V_0 \sin \alpha \cdot T_{\text{пол.1}} - \frac{g T_{\text{пол.1}}^2}{2} = 0 \Rightarrow T_{\text{пол.1}}^2 \cdot \frac{g}{2} - T_{\text{пол.1}} \cdot V_0 \sin \alpha - H = 0$$

квадратное уравнение: $\Delta = (V_0 \sin \alpha)^2 - 4 \cdot \frac{g}{2} (-H) = V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH$

$$T_{\text{пол.1}} = \frac{-V_0 \sin \alpha \pm \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

берём $+$, т.к. ищем $T_{\text{пол.1}} > 0$

$$x(T_{\text{пол.1}}) = L_1 \Rightarrow L_1 = V_0 \cos \alpha \cdot T_{\text{пол.1}} = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} + V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L_{\max} = L_1 + L_2 = \frac{V_0 \cos \alpha}{g} \cdot 2 \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} \quad \text{поставим значения } H, V_0$$

$$\text{и } g: L_{\max} = \frac{\frac{14 \text{ м/c}}{10 \text{ м/c}^2} \cdot \cos \alpha \cdot 2 \sqrt{(10 \text{ м/c})^2 \cdot \sin^2 \alpha + 2 \cdot 10 \text{ м/c}^2 \cdot 9.8 \text{ м}}}{+ 196 \text{ м}^2/\text{c}^2} = 2,8 \text{ с} \cdot \cos \alpha \sqrt{\sin^2 \alpha \cdot 100 + 196}$$

\Rightarrow итоги L_{\max} для max, нужно максимизировать функцию

$$\cos \alpha \sqrt{\sin^2 \alpha \cdot 100 + 196} = \sqrt{\cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \cdot 100 + 196 \cos^2 \alpha}$$

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

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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!

N2

\Rightarrow нужно максимизировать L_{\max}

$$\cos^2 \alpha \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha + 1} = \sqrt{\cos^2 \alpha \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \sqrt{\cos^2 \alpha (1 - \cos^2 \alpha) + \cos^2 \alpha} = \\ = \sqrt{-\cos^4 \alpha + 2\cos^2 \alpha} \rightarrow \max = \sqrt{\cos^4 \alpha + 2\cos^2 \alpha} \rightarrow \max$$

\Rightarrow парабола ветвящаяся выше от $\cos^2 \alpha = 1$

$$\max \text{ в вершине: } \cos^2 \alpha = \frac{-b^2}{4a} = \frac{-2}{2(-1)} = 1$$

$\cos^2 \alpha$ может = 1 \Rightarrow и есть $\max \Rightarrow$

$$L_{\max} = 39,2 \text{ м} \cdot \sqrt{-\cos^4 \alpha + 2\cos^2 \alpha} \stackrel{\max}{=} 39,2 \text{ м} \cdot \sqrt{1+2 \cdot 1} = \\ = 39,2 \text{ м}$$

Ответ: 1. $H = 9,8 \text{ м}$ 2. $L_{\max} = 39,2 \text{ м}$

N2

\Rightarrow нужно максимизировать $\cos^2 \alpha \sin^2 \alpha \cdot 400 + 196 \cos^2 \alpha =$

$$= \cos^2 \alpha (1 - \cos^2 \alpha) \cdot 400 + 196 \cos^2 \alpha = -\cos^4 \alpha \cdot 400 + 596 \cos^2 \alpha$$

\Rightarrow парабола ветвящаяся выше от $\cos^2 \alpha = 1$

$$\max \text{ в вершине: } \cos^2 \alpha = \frac{-596}{2 \cdot (-400)} = \frac{596}{800} = \frac{149}{200} \Rightarrow$$

$$L_{\max} = 2,8 \text{ с} \cdot \sqrt{-\left(\frac{149}{200}\right)^2 \cdot 400 + 596 \cdot \frac{149}{200}} \text{ м/с} = 2,8 \cdot \sqrt{-\frac{149^2}{100} + \frac{298 \cdot 149}{100}} \text{ м} =$$

$$= \frac{2,8}{10} \sqrt{149(298-149)} \text{ м} = \frac{2,8}{10} \cdot \sqrt{149 \cdot 149} \text{ м} =$$

$$= \frac{2,8 \cdot 149}{10} \text{ м} = \underline{\underline{39,72 \text{ м}}}$$

Ответ: 1. $H = 9,8 \text{ м}$ 2. $L_{\max} = 39,72 \text{ м}$



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

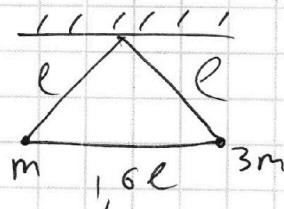
6

7

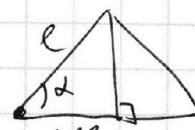
СТРАНИЦА
1 из 1

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!

N3



1. китка не расстегнула =) ускорение
направлено в китку =)



$$\cos \alpha = \frac{1.6l/2}{l} = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

Ответ: $\sin \alpha = \frac{3}{5}$



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

- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 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

1. Найдём теплоёмкость изобарного процесса: $C_P = \frac{Q}{V\Delta T} = \frac{\Delta U + A'}{V\Delta T} = \frac{\frac{3}{2}VR\Delta T + p\Delta V}{V\Delta T} =$

$$= \frac{\frac{3}{2}VR\Delta T + VR\Delta T}{V\Delta T} = 2,5R \Rightarrow \text{что } 3 \rightarrow 1 - \text{изобарный процесс, т.к. по графику } C_{3 \rightarrow 1} = 2,5R$$

т.к. $p = \text{const}$, т.о. $p\Delta V = VR\Delta T$

I начало термодинамики (I ИТД)

$$\text{Найдём теплоёмкость изокоренного процесса: } C_V = \frac{Q}{V\Delta T} = \frac{\Delta U + A'}{V\Delta T} = \frac{\frac{3}{2}JR\Delta T + p\Delta V}{V\Delta T} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2}JR\Delta T + 0}{V\Delta T} = \frac{3}{2}R \Rightarrow \text{что } 2 \rightarrow 3 - \text{изокоренный процесс, т.к. по графику } C_{2 \rightarrow 3} = 1,5R$$

т.к. $V = \text{const}$, т.о. $\Delta V = 0$

I ИТД

теперь попытаемся найти зависимость $P(V)$ б 1→2: т.к. $C_{1 \rightarrow 2} = \text{const}$,

то действует уравнение политропы: $PV^f = \text{const}$, где $f = \frac{C - C_P}{C - C_V} \Rightarrow$

$$\Rightarrow f_{1 \rightarrow 2} = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = \frac{-0,5R}{0,5R} = -1 \Rightarrow \frac{P}{V} = \text{const}, \text{ т.е.}$$

в графике $P(V)$ ~~изобары~~ 1→2 будет лежать на прямой, исходящей из 0.

Известно, что б 1→2: $\frac{T_2}{T_1} = \frac{g}{1} = g \Rightarrow \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = g \Rightarrow$

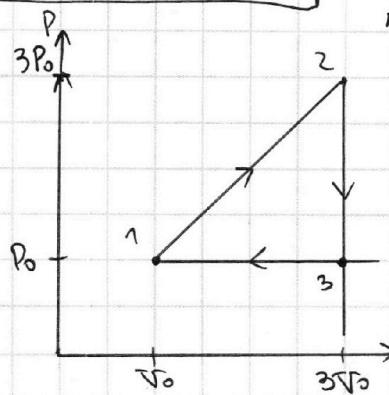
P_i - давление в точке i
 V_i - объём в точке i
 T_i - температура в точке i

$$\text{т.к. } \frac{P}{V} = \text{const}, \text{ т.о. } \frac{P_2^2}{P_1^2} = g \Rightarrow P_2 = 3P_1 = 3P_0$$

$(=) V_2 = 3V_0$

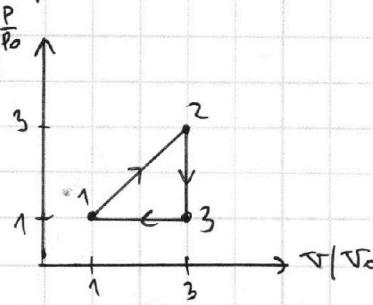
$$P_1 = P_0$$

теперь можем построить график всех данных, которые мы написали:



в коор. $(\frac{P}{P_0}, \frac{V}{V_0})$

\Rightarrow



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"/> | <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. Заметим, что теплота подводится только в 1→2, т.к.

в 2→3 уменьшается $P \Rightarrow$ отводится теплота, а в 3→1 уменьшается
(при $T = \text{const} \Rightarrow \Delta V < 0, A' = 0 \Rightarrow Q < 0$)

$\nabla \Rightarrow$ отводится теплота $\Rightarrow Q_1 = \cancel{\dots} Q_{1 \rightarrow 2}$
(при $P = \text{const} \Rightarrow \Delta V > 0, A' < 0, Q < 0$)

$$Q_{1 \rightarrow 2} = \Delta V_{1 \rightarrow 2} + A'_{1 \rightarrow 2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \cancel{\dots}$$

$$+ \left(\frac{1}{2} (P_2 - P_1)(\nabla_2 - \nabla_1) + P_1(\nabla_2 - \nabla_1) \right) = \frac{3}{2} (P_2 \nabla_2 - P_1 \nabla_1) +$$

$$+ \frac{1}{2} (P_2 + P_1)(\nabla_2 - \nabla_1) = \frac{3}{2} (9P_0 \nabla_0 - P_0 \nabla_0) + \frac{1}{2} (3P_0 + P_0)(3\nabla_0 - \nabla_0) =$$

$$= 12P_0 \nabla_0 + 4P_0 \nabla_0 = 16P_0 \nabla_0 = 16 \nu R T_0 = 16 \cdot 2 \text{ кал.}$$

$$\cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = \underline{\underline{79776 \text{ Дж}}}$$

3. $A_{\text{наг}} = \frac{1}{2} A'_Q$

Анаг-полная работа подъёмника
А' работы газа за весь цикл

A'_Q равна площади цикла, т.е.

$$A'_Q = \frac{1}{2} (3P_0 - P_0)(3\nabla_0 - \nabla_0) =$$

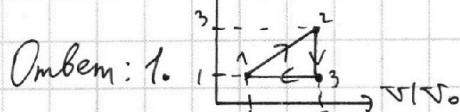
$$= 2P_0 \nabla_0 \Rightarrow A_{\text{наг}} = P_0 \nabla_0 \text{ (за 1 цикл)} =$$

$$A_{\text{полн}} = A_{\text{наг}} \cdot N = N P_0 \nabla_0 = N \nu R T_0$$

Аполн-полная работа подъёмника

закон сохранения энергии: $MgH = A_{\text{полн}} \Rightarrow H = \frac{N \nu R T_0}{Mg} = \frac{10 \cdot 2 \text{ кал.}}{150 \text{ м.}}$

$$\cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = \underline{\underline{33,24 \text{ м}}}$$



2. $Q_1 = 79776 \text{ Дж}$ 3. $H = 33,24 \text{ м}$



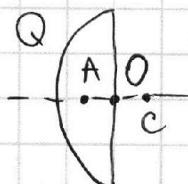
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

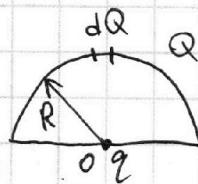
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

N5



1. найдем энергию системы полусферы и заряда в точке O:



φ_{dQ} - потенциал точечных зарядов q и dQ отн. q

$$W_H = \sum \varphi_{dQ} \cdot q = q \cdot \sum \frac{k dQ}{R} = \frac{kqQ}{R} \sum dQ = \frac{kqQ}{R}$$

также скажем, что на очень большом расстоянии $R \rightarrow \infty \Rightarrow \varphi \rightarrow 0 \Rightarrow W \rightarrow 0$,

поэтому будем считать $W_K = 0$

закон сохранения энергии:

$$W_H + \cancel{E_{kin_H}} = W_K + E_{kin_K} \Rightarrow$$

"0"

W_H - начальная энергия системы
 W_K - конечная энергия системы
 E_{kin_H} - начальная кин. энергия частиц
 E_{kin_K} - конечная кин. энергия частиц

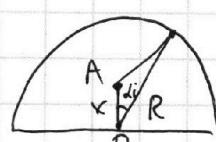
$$\frac{kqQ}{R} + \frac{m v_0^2}{2} = 0 + \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2kqQ}{mR} + v_0^2}$$

2. посчитаем W_A

W_A - энергия системы с зарядом в точке A
 X - расстояние от A до O

$$W_A = \sum \varphi_{dQ} \cdot q = q \cdot \sum \frac{k dQ}{\sqrt{R^2 + x^2 - 2Rx \cos \alpha_i}} =$$

$$= kQ \cdot q \cdot \sum \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2 - 2Rx \cos \alpha_i}} =$$



$$= kQ \cdot q \int_{A}^{B} \frac{(R^2 + x^2 - 2Rx \cos \alpha_i)^{-\frac{1}{2}}}{x} dx =$$

~~делать интегрирование по 90°~~

$$= kQ \cdot q \cdot 2 \int_{0}^{\pi/2} (a + b \cos \alpha_i)^{-\frac{1}{2}} da = 2kQ \cdot q \cdot \left[\frac{(a + b \cos \alpha_i)^{\frac{1}{2}}}{(n+1) \cdot B} \right]_0^{\pi/2}$$

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**.

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

N5

$$\int (a+b\cos \omega t)^n = \frac{(a+b\cos \omega t)^{n+1}}{(n+1)b}, \text{ т.к. } \Leftrightarrow (a+b\cos \omega t)^n = \left(\frac{(a+b\cos \omega t)^{n+1}}{(n+1)b} \right)'_{\cos \omega t}$$

$$= \frac{1}{(n+1)b} (a+b\cos \omega t)^{n+1} \Big|_{\cos \omega t} = \frac{1}{(n+1)b} \cdot (a+b\cos \omega t)^{n+1} \Big|'_{a+b\cos \omega t} =$$

$$= \frac{1}{(n+1)b} \cdot (a+b\cos \omega t)^n \cdot (n+1) \cancel{b} = (a+b\cos \omega t)^n \Rightarrow$$

заменим обратно a, b и n на соотв. им величины:

$$W_A = 2kQ \cdot q \left(\left. \frac{(R^2+x^2-2Rx\cos \beta_i)^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}(-2Rx)} \right|_0^1 \right) = 2kQ \cdot q \left(\frac{(R-x)^{\frac{1}{2}}}{-Rx} - \frac{\cancel{(R+x)^{\frac{1}{2}}}}{\cancel{-Rx}} \right) =$$
 ~~$\cancel{R^2+x^2-2Rx\cos \beta_i}$~~

$$= \frac{2kQ \cdot q}{Rx} \left((R+x)^{\frac{1}{2}} - (R-x) \right)$$

с W_C практически тоже самое, только теперь $\beta_i \in [90^\circ; 180^\circ]$, т.е.

$$\cos \beta_i \in [-1; 0] \Rightarrow$$

$$\text{аналогично } W_C = 2kQ \cdot q \left(\left. \frac{(R^2+x^2-2Rx\cos \beta_i)^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{2}(-2Rx)} \right|_{-1}^0 \right) = 2kQ \cdot q \left(\frac{(R+x)^{\frac{1}{2}}}{-Rx} - \frac{\cancel{(R-x)^{\frac{1}{2}}}}{\cancel{-Rx}} \right) = \frac{2kQ \cdot q}{Rx} \left((R+x)^{\frac{1}{2}} - (R-x) \right)$$

закон сохранения энергии: $W_A + \underbrace{\frac{mV^2}{2}}_0 = W_C + \frac{mV_C^2}{2} \Rightarrow \frac{mV^2}{2} = W_A - W_C =$

$$= \frac{2kQ \cdot q}{Rx} \left(-(R-x) + (R+x) \right) = \frac{4kQ \cdot q}{R} = \boxed{V_C = \sqrt{\frac{8kQ \cdot q}{mR}}}$$

$$\text{Омбем: 1. } V = \sqrt{\frac{2kQq}{mR} + V_0^2} \quad 2. \quad V_C = \sqrt{\frac{8kQq}{mR}}$$

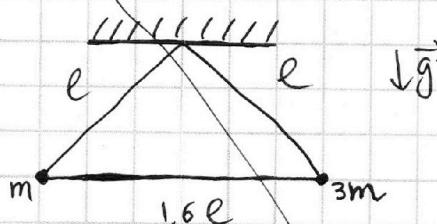


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

СТРАНИЦА
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!

N3

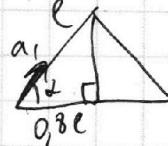
 $\downarrow g$

1. заметим, что скорости каждого из шариков направления \perp к нитям длиной r , т.к. если это не так, то один конец текущие с какой-то скоростью вдоль него, а второй нет \Rightarrow нить бы расстянулась - противоречие!

если $v_m \perp$ к нити и $v_{3m} \perp$ к нити то они движутся по окружности
вокруг ниток \Rightarrow сразу после освобождения системы \Rightarrow

только центростремительное ускорение:

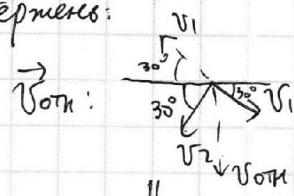
$$\Rightarrow \frac{v_1^2}{\cos \alpha} = \frac{1,6r/2}{r} = 0,8 \Rightarrow \\ \sin \alpha = \frac{3}{5}$$



2. скорости у шариков одинаковые \Rightarrow и центростремительные ускорения одинаковы: $a_1 = \frac{v_1^2}{r}$, $a_2 = \frac{v_2^2}{r} \Rightarrow a_1 = a_2$

напишем ~~ко~~ кинематическую связь на стержне:

$$a_1 \cdot \cos \alpha + a_2 \cdot \cos \beta = \frac{(\vec{v}_{\text{ст}})^2}{1,6r}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} 2a_1 \cdot 0,8 = \frac{4v^2}{1,6r} \\ a_1 = \frac{v^2}{r} \end{array} \right.$$

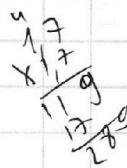


$$a_1 \cdot \cos \alpha - a_2 \cdot \cos \beta = \frac{4v^2}{1,6r}$$

$$a_1 \cdot \cos(130^\circ - \alpha) = \frac{v^2}{r} = a_2 \cdot \cos(\alpha - \beta)$$

менув. $(a_1, a_2, \alpha, \beta)$

$$\frac{2}{130^\circ} \frac{1}{0,8} \frac{1}{0,8}$$



$$130^\circ - \alpha + \beta = 180^\circ$$

$$\frac{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,8}{0,8 \cdot 0,8}$$



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
— 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!



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
— 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!

