



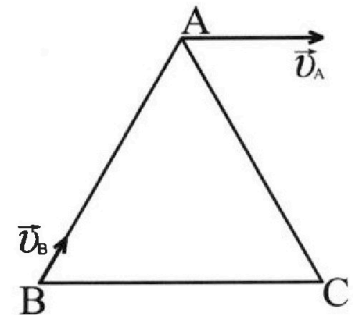
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,8$ м/с, а скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_B скорости вершины B.
2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

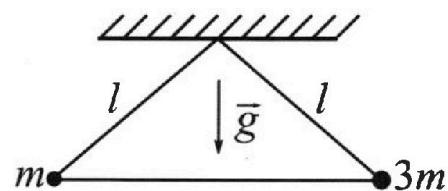
Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 11,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 4$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 16$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.
3. Два шарика с массами $m = 80$ г и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



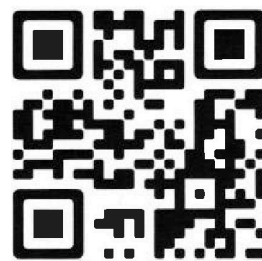
1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.
2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



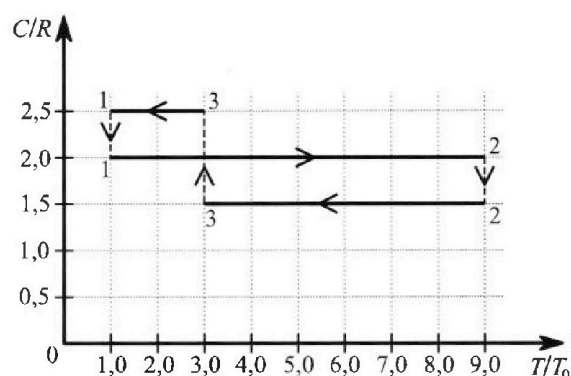
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 3$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 270 \text{ K}$.

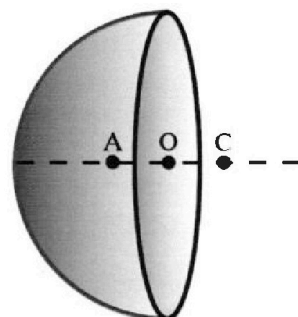


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250 \text{ кг}$ за $N = 15$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$. Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . Частица движется по прямой АС и на большем по сравнению с R расстоянии от точки О скорость частицы равна V . Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С.

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



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

2 ИЗ 2

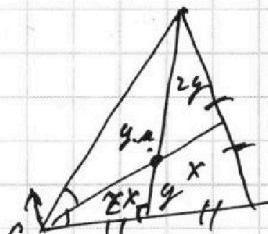
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2. Найти угловую скорость!

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$r = \frac{a}{2 \sin 30^\circ} = a$$

$$\omega = \frac{v_{\text{BOT}}}{a} = \frac{v_0}{2a}$$



$$T = \frac{4 \cdot (2\pi)}{\omega} = \frac{8a \cdot 8\pi}{v_0} = \frac{0,4 \cdot 8\pi}{0,57} \approx 2,04$$

$$\text{Ответ: } 2 + 2\sqrt{3} \text{ с.}$$

Ответ: $2 + 2\sqrt{3} \text{ с.}$

3. Сила вер. сил на нить $F_{\text{вер}} = 0,77$

$\Rightarrow$ на нить действуют только

гориз. силы. Перейдем в ИСО ч.л.

На н. Точка центра масс движется с ускор.

$$a_n = \frac{v_{\text{COT}}^2}{a} = \frac{v_{\text{AOT}}^2}{a} = \frac{v_{\text{BOT}}^2}{a}$$

$$F_n = a_n m = \frac{(v_A)^2}{(1+\sqrt{3})^2} \cdot m = \frac{v_A^2 m}{(4+2\sqrt{3})a}$$

Ответ:

$$= \frac{1,6 \cdot 80 \cdot 10^{-6}}{(4+2\sqrt{3})} \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } (1,6 \cdot 80 \cdot 10^{-6}) / (4+2\sqrt{3}) \text{ Н.}$$

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. Пусть скорости движения ускорения масс
пр-ва $-\vec{v}_y$. Тогда в ц. системе

относительности скоростей точек A и B равны

$$\vec{v}_A - \vec{v}_y \text{ и } \vec{v}_B - \vec{v}_y$$

по модулю ~~А~~ ~~относительно~~, система
вращается вокруг ц. и. из-за
отсутствия внешних сил:

Тогда ~~в~~ ~~относительно~~ A
в-на. ~~момента~~ ~~вращения~~

Тогда скорости B от ц. и. $\vec{v}_{B \text{ от ц. и.}}$ направлены
параллельно AC и равны по модулю
 $v_{A \text{ от ц. и.}}$.

$$v_{B \text{ от ц. и.}} = v_B \cos 60^\circ = v_B \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} v_B = v_{A \text{ от ц. и.}}$$

Тогда скорость ц. и. равна:

$$v_{\text{ц. и.}} = v_B \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} v_B \text{ и направл. A}$$

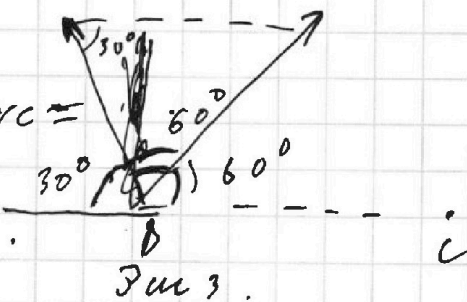
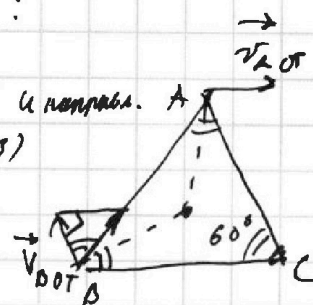
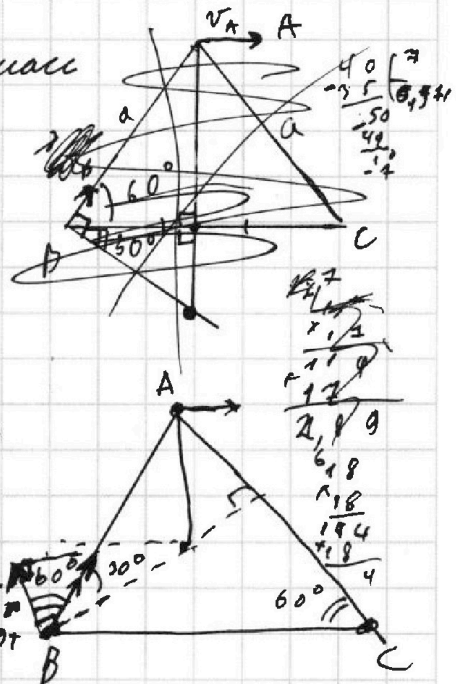
$$v_{A \text{ от ц. и.}} = v_A - v_{\text{ц. и.}}$$

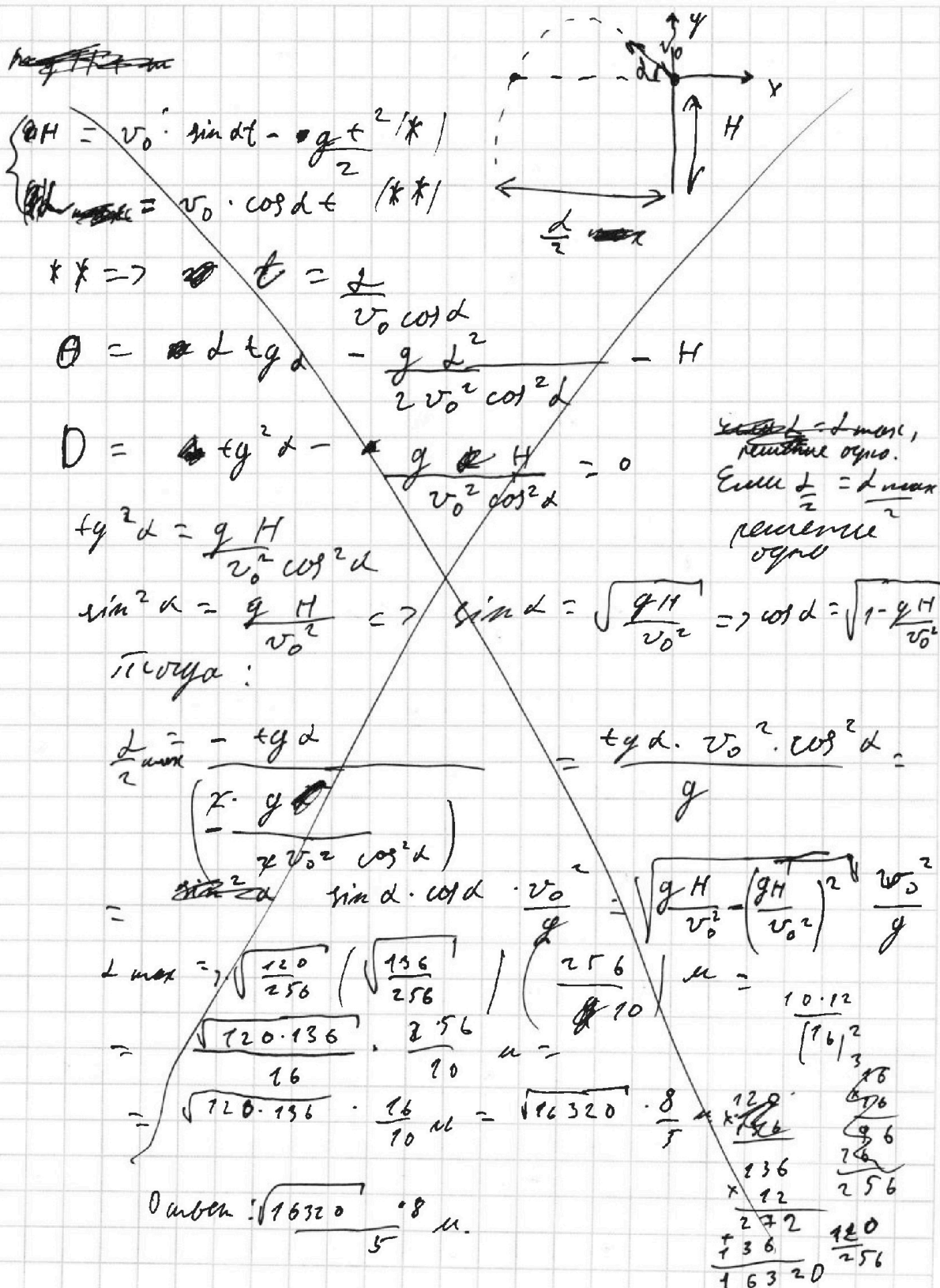
$$v_{A \text{ от ц. и.}} = v_A - v_{\text{ц. и.}}$$

$$v_A - v_B \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2} v_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_B = \frac{2 v_A}{1 + \sqrt{3}} \approx \frac{1,6}{2,8} \text{ м/с} =$$

$$= \frac{4}{7} \text{ м/с} = 0,57 \text{ м/с.}$$







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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

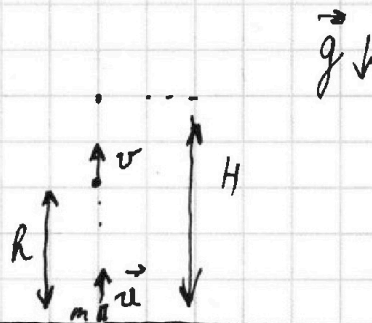
СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

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

1. Пл. к. Тело брошено со скоростью u под углом к горизонту. Найти максимальную высоту H и дальность L полета. На действующей гравитации g .

не действует внешних сил $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ применим ЗЕЗ:



$$(1) \frac{m u^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + m g h, \text{ где } m - \text{масса тела.}$$

$$u^2 = v^2 + 2 g h$$

$$(2) \frac{m u^2}{2} = m g H \Rightarrow u^2 = 2 g H$$

$$(1) \Rightarrow 2 g H = v^2 + 2 g h \Rightarrow H = \frac{v^2 + 2 g h}{2 g} = \frac{v^2}{2 g} + h$$

$$H = \left(\frac{16}{2 \cdot 10} + 11,2 \right) \text{ м} = (0,8 + 11,2) \text{ м} = 12 \text{ м.}$$

Ответ: 12 м

2. Пл. к. Осколки оторвавшиеся от фрезы

идут параллельно и подают симметрично.

либо в противоположных

направлениях.

Ситуация

фактически не меняется.

В Пл. к. симметрия

симметрична, оба

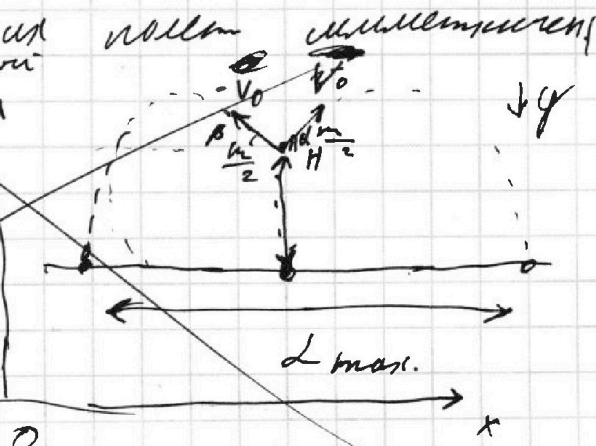
осколка движутся

на одинаковом

расстоянии от

точки взрыва.

Всп. скорость осколка





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. ~~Реш.~~ ~~в~~ ~~с~~ ~~у~~ ~~3~~ ~~с~~ ~~у~~ :

$$m v_1^2 = m v_0^2 \Rightarrow v_1 = v_0.$$

Расстояние не будет максимальным, если тело движется горизонтально:

$$L_{\text{max}} = \pi$$

$$H = \frac{g t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$L_{\text{max}} = 2 v_0 t = 2 v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$L_{\text{max}} = 32 \sqrt{\frac{24}{10}} \text{ м} = 32 \cdot \sqrt{2,4} \text{ м} \approx$$

$$\approx 48 \text{ м}.$$

Ответ: 48 м.

$$\begin{array}{r} 48 \\ 116 \\ \hline 156 \end{array}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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) б(1) $3ma = 2 \cancel{mg \sin \alpha} \rightarrow a =$

$4ma = 2mg \sin \alpha$

$a = \frac{g \cdot \sin \alpha}{2}$

$a = 0,3g$

~~$a = 3 \text{ м/с}^2$~~

Ответ: 3 м/с^2

3. У(2) $\Rightarrow N \cdot \cos \alpha = a m + mg \sin \alpha$

$N = \frac{(a m + mg \sin \alpha)}{\cos \alpha}$

$N = \frac{3 a m}{\cos \alpha}$

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

$N = \frac{0,9 \cdot 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2}{0,8} = 0,1 \cdot 0,9 =$

(2) б(1) $3ma = 3mg \sin \alpha - \underline{a m} - \underline{mg \sin \alpha}$

$4a = 2g \sin \alpha$

$a = \frac{1}{2} g \sin \alpha$

$a = 0,34 = 3 \text{ м/с}^2$

Ответ: 3 м/с^2

3. У(2) $N \cdot \cos \alpha = a m + mg \sin \alpha$

$N = \frac{\left(\frac{g \sin \alpha}{2} + g \sin \alpha \right) m}{\cos \alpha} = \frac{\frac{3}{2} g \sin \alpha m}{\cos \alpha} =$

~~3 м~~

$N = 3 \text{ м/с}^2 \cdot 0,08 \text{ кг} \cdot \frac{0,6}{0,8} =$

$= 3 \cdot 0,6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 = 1,8 \text{ Н}$

Ответ: $1,8 \text{ Н}$



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 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 сразу после высвобождения ~~из~~ скорости обоих шариков $v = 0$. Из формулы для центростремительного ускорения:

$$a_y = \frac{v^2}{R} = \frac{0}{\ell} = 0. \Rightarrow \vec{a}_2 = \vec{a}_m. \Rightarrow a \perp \text{нити}. \Rightarrow$$

$$\cos(90^\circ - \alpha) \sin(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha = \frac{\ell}{2\ell} = \frac{1,2\ell}{2\ell} = 0,6$$

~~Ответ:~~ Ответ: 0,6.

2. Ил. к. $\vec{a}_2 = \vec{a}_m$. спроецируем силы на ось, перпенд. нити.

$$(1) a = \frac{3mg \sin \alpha - N \cos \alpha}{3m}$$

Ил. к. шарик скреплен стержнем и ~~двигается~~ движется по одной окружности; их скорости равны, а в моменты и ускорения тоже (и.к. x равны угловые скорости и угловые ускорения).

~~Из неподвижности шарика~~
вдоль нити:

$$a_1 = a_2$$

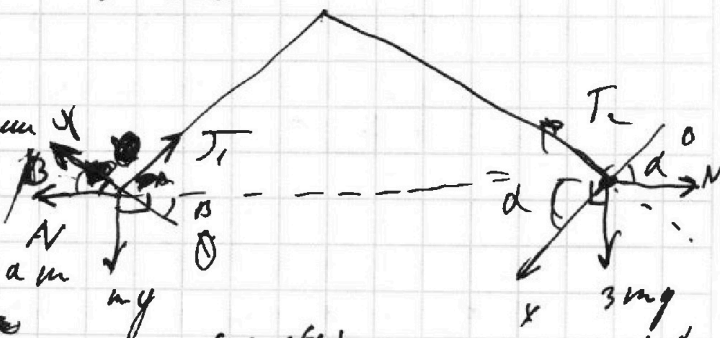
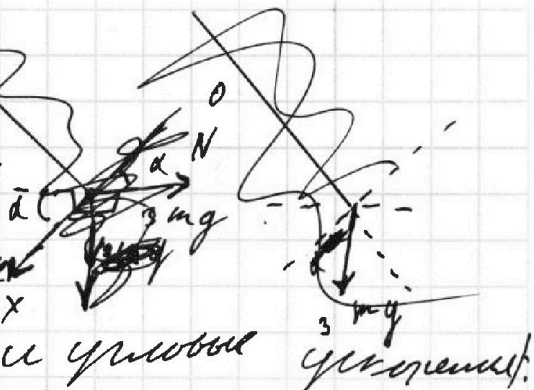
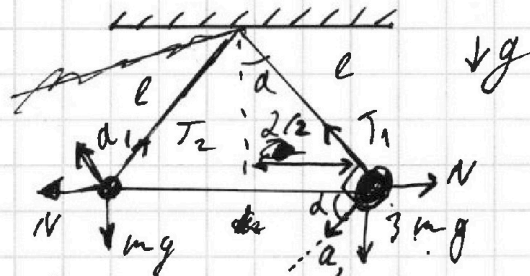
$$\beta = \alpha \text{ из симметрии}$$

$$N \cos \beta - mg \sin \alpha$$

$$N \cos \alpha - mg \sin \alpha = a_m$$

$$N \cos \alpha = mg \sin \alpha + a_m$$

$$(2) N \cos \alpha = a_m + mg \sin \alpha; \quad (2) \cdot \sin \alpha \Rightarrow 0 = 2mg \sin \alpha - a_m$$





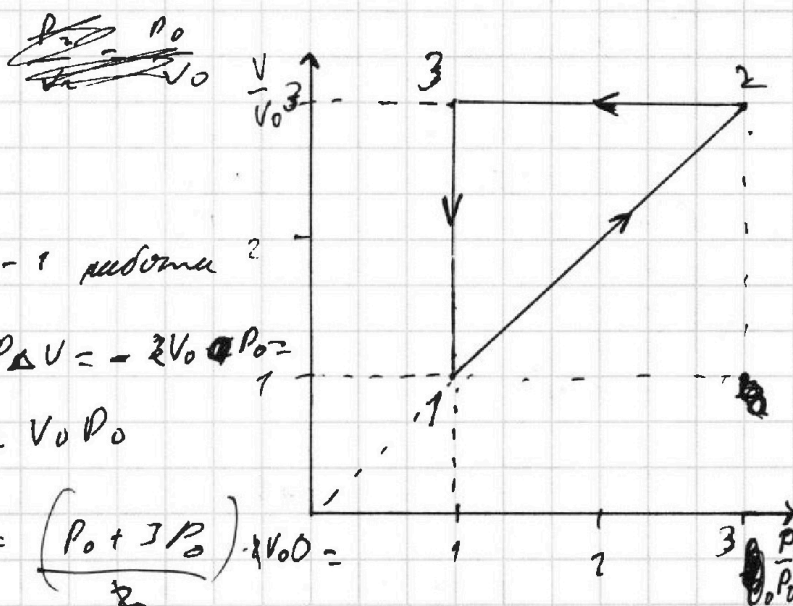
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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

$\Rightarrow P \sim V$
 $\frac{P}{V} = \text{const.} \Rightarrow \frac{P_2}{V_2} = \frac{P_0}{V_0}$
 $\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_0}{V_0} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{P_2}{3V_0} = \frac{P_0}{V_0} \Rightarrow \frac{P_2}{P_0} = 3$
 $\Rightarrow V_0 = \frac{V_3}{3} \Rightarrow V_2 = 3V_0$



2. На участке 3-1 работа?
 $A = 0$;
 на 2-3 $A_{2-3} = P \Delta V = -2V_0 P_0$
 $= -2P_0 V_0$

1-2:
 $A_{12} = \int P dV = \left(\frac{P_0 + 3P_0}{2} \right) \cdot 2V_0 =$
 $= 4P_0 V_0$

$A = \sum A_i = 2P_0 V_0$

Найти P_0 и V_0 . Ит. к. на 1-3 процесс
 совершается, по первому началу:

$Q = \Delta U + A$
 $Q = 0 \Rightarrow$
 $Q = 0 \Rightarrow$
 $\Delta U = -A$
 $\Delta U = -A$

$P_0 V_0 = 2RT_1$
 $9P_0 V_0 = 2RT_2$

Найти $P_0 V_0$:
 $P_0 V_0 = 2RT_0$

$A = 2V_0 R T_0$

$A = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 220$

Ответ: $A = 13462,2 \text{ Дж}$

$$\begin{array}{r} 55 \\ 815 \\ \hline 225 \\ 59 \\ \hline 725 \\ 12 \\ 8,31 \\ \hline 6 \\ 4986 \\ 659,6 \\ \hline 5645,6 \\ 220 \\ \hline 1240 \\ 3490,2 \\ \hline 9942 \\ 13462,2 \end{array}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

0. П.к. к газу обратимый ϵ $i = 3$.

~~Газ~~ П.к. к газу обратимый процесс $C_v = \frac{3}{2} R$, ϵ

Удобном $C_p = \frac{5}{2} R$. $\Rightarrow$ процесс ~~3-1~~

3-1 ~~изотермический~~ изобарный; 2-3 изохорный

1. В процессе 3-1 не изм. давление $\Rightarrow P_3 = P_0$

Температура не меняется в 3 раза.

из C_p и C_v Клапейрона-Менделеева:

$$P_0 V_0 = 3 R T_0$$

$$P_0 V_3 = \frac{3}{2} R T_0 \Rightarrow V_3 P_0 = \frac{3}{2} P_0 V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{2}{3} V_3 \Rightarrow \frac{V_3}{V_0} = \frac{3}{2}$$

Процесс 2-3 изохорный $\Rightarrow$

$$\Rightarrow V_2 = V_3; \text{ а из графика } \frac{V_2}{V_0} = \frac{1}{3}$$

$$P_2 V_2 = 3 R T_3$$

$$P_3 V_2 = 3 R T_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_2 V_2 = P_3 V_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_2 = P_3$$

П.к. в процессе 1-2

температура постоянна, от полипропилен, μ -полипропилен

$$2 R = n \frac{3}{2} R - \frac{5}{2} R$$

$$n = \left(\frac{2 - \frac{5}{2}}{\frac{3}{2} - 1} \right) = -1$$

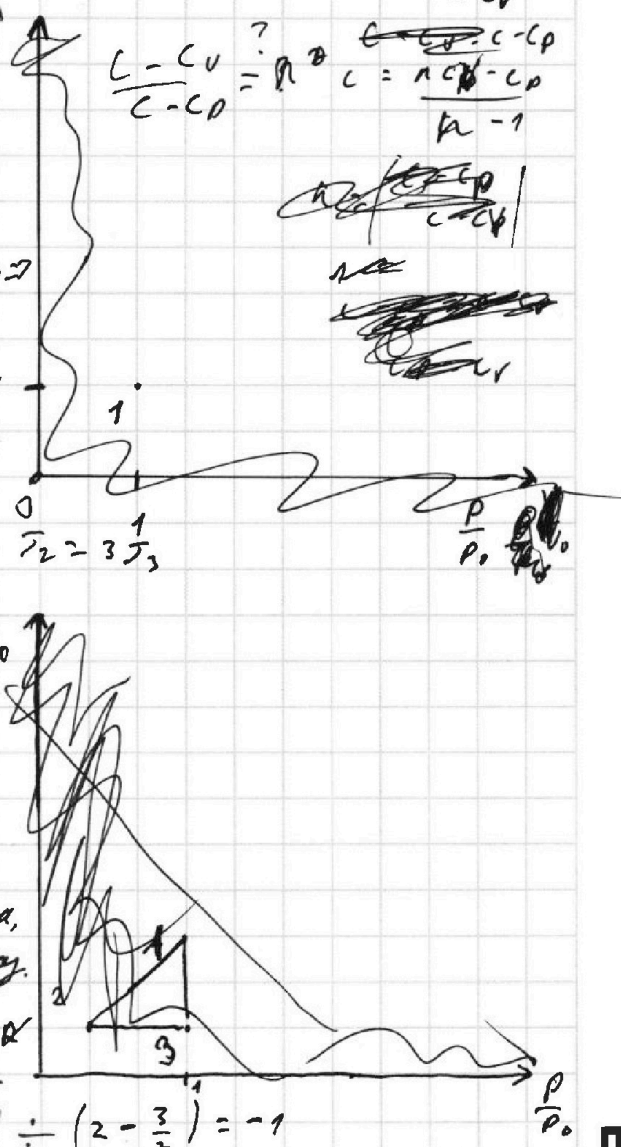
$$\frac{C - C_p}{C - C_v} = \gamma$$

$$\gamma = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$\frac{C - C_v}{C - C_p} = \gamma \Rightarrow C = \frac{\gamma C_p - C_v}{\gamma - 1}$$

$$\frac{C_p - C_p}{C - C_v} = \gamma$$

$$\frac{0}{C - C_v} = \gamma$$





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!

3. Суммарное решение:

$$\sum A = \frac{N \cdot A}{2}$$

Уг. з.а.а.:

$$\sum A = -\Delta W$$

$$\frac{N \cdot A}{2} = \rho g H$$

$$\frac{2 N \rho R T_0}{2} = \rho g H \Rightarrow H = \frac{N \rho R T_0}{\rho g}$$

$$H = \frac{2 A N}{\rho g} = \frac{26828,4215}{2500} = \frac{13462,21075}{2500} \approx 5,384888 \text{ м}$$

$$\approx 5,384888 \text{ м} \approx 72,5 \text{ м}$$

Ответ: 72,5 м.

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{V^2 - \frac{2kQq}{mR}}$$



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.

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!

2. Задача. Решена. Реш

Решение. Если бы

частица обходилась с нач. скоростью v_0 от O к A , то замкнулась бы:

$$\frac{mv_A^2}{2} + 2qA\varphi = \frac{mv_0^2}{2} + 2qB\varphi \quad \text{?}$$

$$\Rightarrow v_A^2 = \sqrt{2(qB - qA)/q} + v_0^2$$

Если бы была сфера с зарядом q и радиусом R

и рассматривали половинки, то заметили,

что м.к. $E \neq 0$ внутри сферы радиуса R

от обеих половинок сфер в любой точке

внутри равно по модулю и противоположны

в т.к. A и C симметр. от O . Скорость

в точке C :

$$v_c = \sqrt{2(qB - qA)/q} + v_0^2$$

$$v_c = \sqrt{2(qB - qA)/q} + v_0^2$$

Ответ: $v_c = \sqrt{2 \left(\frac{mv^2}{2q} - \frac{kQ}{R} \right) / q} + v^2 - 2 \frac{kQq}{mR}$

Ответ: $v_c = \sqrt{2v^2 - 2 \frac{kQq}{mR}}$