Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^0$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

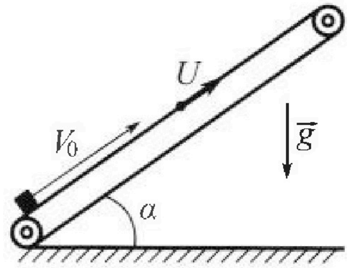
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3{,}6$ м.

2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного п адения g =10 м/с^2. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin\alpha = 0{,}6$ (см. рис.).
В первом опыте небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0{,}5$.
Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

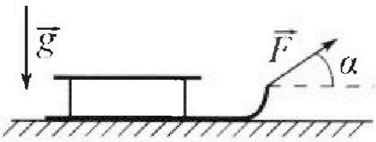
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, *движущуюся* со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки *во втором опыте* будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль *во втором опыте*? Ускорение свободного падения g =10 м/с^2. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).



Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g.

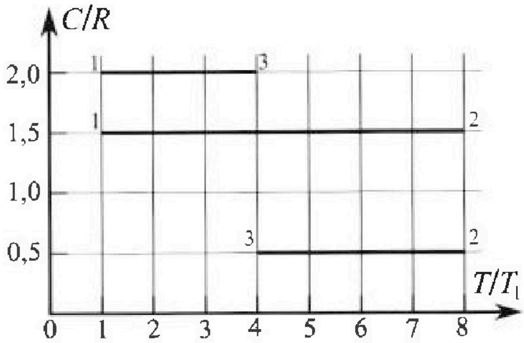
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

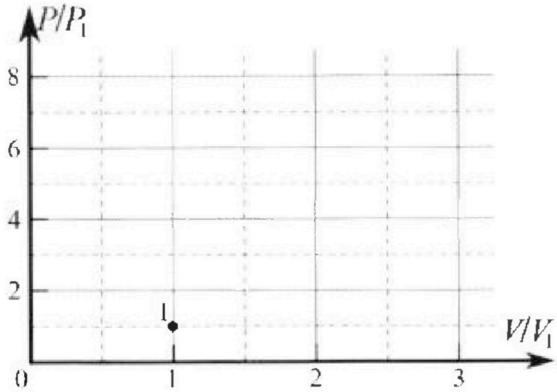
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К,
универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).



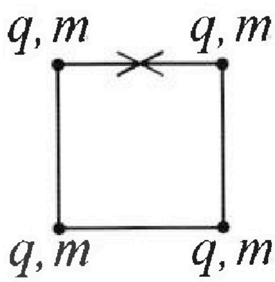
1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T.



1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

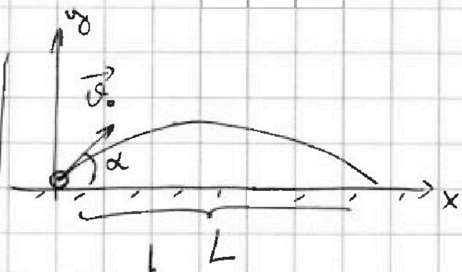
3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

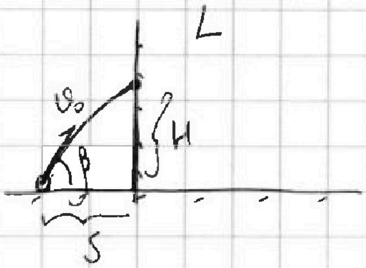
Электрическая постоя нная ε_0. Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

№1

$\alpha = 45^\circ$
$L = 20$ м
$H = 3{,}6$ м

$\vartheta_0 - ?$
$S - ?$





$L = \vartheta_0 \cos\alpha t$; $t = \dfrac{2\vartheta_0 \sin\alpha}{g}$

$$L = \frac{\vartheta_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\vartheta_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20\cdot 10}{1}} = 14\left(\frac{м}{с}\right)$$

для достижения наибольшей высоты (H), мяч должен сталкиваться со стеной в ~~его~~ вершине своей траектории:

$$\begin{cases} H = \dfrac{\vartheta_0^2 \sin^2\beta}{2g} \\ t = \dfrac{\vartheta_0 \sin\beta}{g} \\ S = \vartheta_0 \cos\beta t \end{cases} \qquad \begin{cases} H = \dfrac{\vartheta_0^2 \sin^2\beta}{2g} \\ S = \dfrac{\vartheta_0^2 \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta}{g} \end{cases}$$

$$\sin\beta = \frac{\sqrt{2gH}}{\vartheta_0} = \frac{\sqrt{2\cdot 10\cdot 3{,}6}}{14} = 0{,}6; \quad \cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{1-0{,}6^2} = 0{,}8$$

$$S = \frac{\vartheta_0^2 \sin\beta\cos\beta}{g} = \frac{(14)^2\cdot 0{,}6\cdot 0{,}8}{10} \approx \frac{200\cdot 6\cdot 8}{1000} = \frac{2\cdot 6\cdot 8}{10} =$$
$$= 9{,}6 \text{ (м)}$$

Ответ: $\vartheta_0 = 14 \frac{м}{с}$; $S = 9{,}6$ м

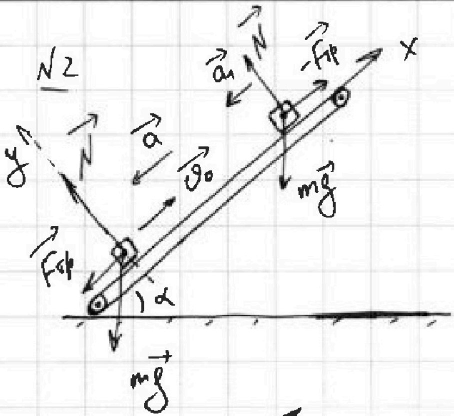
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

№2



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

$oy: \; N = mg\cos\alpha; \quad F_{тр} = \mu N$

$ox: \; -a = \dfrac{-F_{тр} - mg\sin\alpha}{m} = \dfrac{-\mu mg\cos\alpha - mg\sin\alpha}{m}$

$a = g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha) =$

$= 10\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot\sqrt{1-0{,}6^2} + 0{,}6\right) = 10\ \left(\frac{м}{с^2}\right)$

т.к. $a = const$, то коробка движется равноускоренно:

$t_1 = \dfrac{\vartheta_0}{a} = \dfrac{6}{10} = 0{,}6\ (с)$ — время, за которое коробка остановится $t_1 < T$

т.е. коробка успеет проехать какое-то расстояние вниз

$-a_1 = \dfrac{+F_{тр} - mg\sin\alpha}{m}; \quad a_1 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = 10\cdot\left(0{,}6 - \frac{1}{2}\cdot 0{,}8\right) = 2\left(\frac{м}{с^2}\right)$

тогда $S = S_1 + S_2$, где S_1 коробка прошла за t_1, а S_2 потом

$S_1 = \vartheta_0 t_1 - \dfrac{a t_1^2}{2}; \quad S_2 = \dfrac{a_1(T-t_1)^2}{2}; \quad S = \vartheta_0 t_1 - \dfrac{a t_1^2}{2} + \dfrac{a_1 (T-t_1)^2}{2} =$

$= 6\cdot 0{,}6 - \dfrac{10\cdot 0{,}6^2}{2} + \dfrac{2(1-0{,}6)^2}{2} =$

$= \underline{1{,}96\ (м)}$

Когда лента транспортёра начнёт двигаться с $\vec{U} = const$, то можно перейти в ИСО ленты, где ускорение вверх (a) и вниз (a_1) коробки будут такими же в ИСО ленты.

$ox: \vartheta_{отно} = \vartheta_0 - U$. Когда скорость коробки будет равна U, то относительно ленты она двигаться не будет, т.е. $T_1 = \dfrac{0 - \vartheta_{отно}}{-a} = \dfrac{\vartheta_0 - U}{a} = \underline{0{,}5\ (с)}$

или когда будет двигаться вниз со скоростью 2 м/с: $T_{12} = \dfrac{-2-\vartheta_{отно}}{-a} = 0{,}7(с)$

Скорость коробки обратится в ноль, когда она будет двигаться против движения ленты со скоростью равной 1 м/с.

$T_2 = \dfrac{-U-(0)}{-a_1} = \dfrac{U}{a_1} = 0{,}5(с)$; ~~$L = L_1 + L_2$, где $L_1 = (\vartheta_0 - U)T_1 - \frac{aT_1^2}{2}$ и~~

~~$L_2 = \frac{a_1T_2^2}{2}; \quad L = (\vartheta_0 - U)T_1 - \frac{aT_1^2}{2} + \frac{a_1T_2^2}{2} = (6-1)\cdot 0{,}5 - \frac{10\cdot 0{,}5^2}{2} + 2\cdot$~~

$L = L_1 - L_2$, где $L_1 = (\vartheta_0 - U)T_1 - \dfrac{aT_1^2}{2}; \quad L_2 = \dfrac{a_1 T_2^2}{2}$

$L = (\vartheta_0 - U)T_1 - \dfrac{aT_1^2}{2} - \dfrac{a_1T_2^2}{2} = (6-1)\cdot 0{,}5 - \dfrac{10\cdot 0{,}5^2}{2} - \dfrac{2\cdot 0{,}5^2}{2} = \underline{1\ (м)}$

$\boxed{\text{Ответ: } S = 1{,}96\,м;\ T_1 = 0{,}5\,с^{*};\ L = 1\,м}$
и $T_1 = 0{,}7\,с$

* скорость коробки будет равна 1 м/с через 0,5 с и 0,7 с после старта

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

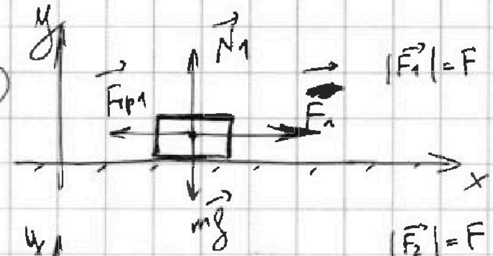
№3

K, α

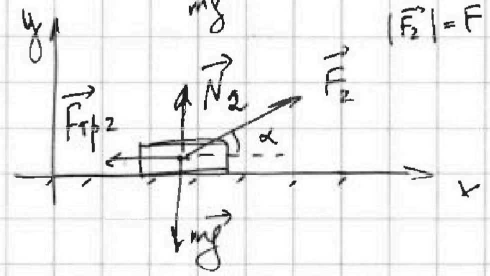
μ - ?

S - ?

(1)



(2)



Закон изменения мех. энергии:

$$(K+0)-(0+0)=\sum A$$

$A_{N_2} = A_{N_1} = 0$, т.к. всегда $\vec{N_1}\perp\vec{\vartheta}$, $\vec{N_2}\perp\vec{\vartheta}$,

$A_{F_{тр1}} = -F_{тр1}\cdot l$ (пусть l - длина участка, на котором разгоняют)

$A_{F_{тр2}} = -F_{тр2}\cdot l$

$A_{F1} = Fl$; $A_{F2} = Fl\cos\alpha$

oy: $N_1 = mg$; $F_{тр1} = \mu mg$; oy: $N_2 = mg - F\sin\alpha$; $F_{тр2} = \mu(mg - F\sin\alpha)$

тогда

$$\begin{cases} K = -\mu mgl + Fl \\ K = -\mu(mg - F\sin\alpha)l + Fl\cos\alpha \end{cases}$$

$$\cancel{-\mu mgl} + F\cancel{l} = \cancel{-\mu mgl} + \mu F\cancel{l}\sin\alpha + F\cancel{l}\cos\alpha$$

$$1 = \mu\sin\alpha + \cos\alpha; \quad \boxed{\mu = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}}$$

После прекращения действия силы F: $F_{тр} = \mu mg$, тогда по закону изменения мех. энергии:

$$(0+0)-(K+0) = A_{F_{тр}} \quad (\text{опять же } A_N = 0)$$

$$K = \mu mg\cdot S$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K\sin\alpha}{mg(1-\cos\alpha)}$$

Ответ: $\mu = \dfrac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$;

$S = \dfrac{K\sin\alpha}{mg(1-\cos\alpha)}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№4

$T_1 = 200\,K$
$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$A_{31} - ?$
$\eta - ?$

Т.к. в процессе 3-1 теплоёмкость не изменяется, то

$C_{3-1}\nu\Delta T = 2R\nu\Delta T = Q = -A + \Delta U = -A + \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

$A = -\frac{1}{2}\nu R\Delta T; \quad \Delta T = T_1 - T_3 = T_1 - 4T_1 = -3T_1$

$A = \frac{3}{2}\nu RT_1 = \frac{3}{2}\cdot 1 \cdot 8{,}31 \cdot \cancel{200}^{100} = \underline{= 2{,}5\ (кДж)}$

за цикл: $\sum A + \underbrace{\Delta U_ц}_{0,\ т.к.\ гр-к\ замыкается} = Q_ц$, т.е. $\sum A = Q_ц$

$\eta = \frac{\sum A}{Q_{пол}} = \frac{Q_ц}{Q_{пол}} = \frac{Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{1-3}}{Q_{1-2}} =$ только тут $Q = c\nu\Delta T > 0$, т.к. $\Delta T > 0$

$= \frac{\frac{3}{2}\cancel{R\nu}(8\cancel{T_1} - \cancel{T_1}) + \frac{1}{2}\cancel{R\nu}(4\cancel{T_1} - 8\cancel{T_1}) + 2\cancel{R\nu}(\cancel{T_1} - 4\cancel{T_1})}{\frac{3}{2}\cancel{R\nu}(8\cancel{T_1} - \cancel{T_1})} =$

$= \frac{12 - \frac{3}{2} - 2 - 6}{10{,}5} = \frac{10{,}5 - 8}{10{,}5} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{21}{2}} = \frac{5}{21} = \underline{\underline{0{,}238}}$

для одноатомного газа: $C_p = \frac{5}{2}R; \quad c_V = \frac{3}{2}R; \quad pV^{\gamma} = const; \quad \gamma = \frac{C - C_p}{C - C_V}$

(1-2): $C_{1-2} = \frac{3}{2}R = C_V$, т.е. процесс изохорный: $\boxed{V = const}$

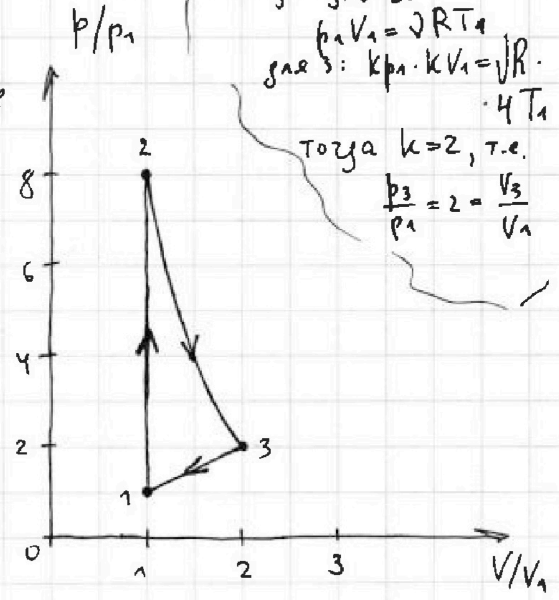
(2-3): $\gamma_{2-3} = \frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-2R}{-R} = 2$

$\boxed{pV^2 = const}$; $\boxed{p = \frac{const}{V^2}}$ - квадратичная гипербола

(3-1): $\gamma_{3-1} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-\frac{R}{2}}{\frac{R}{2}} = -1$

$\boxed{\frac{p}{V} = const}$ - прямая пропорциональность

для 1-3: пусть $\frac{p_1}{V_1} = \alpha$
тогда для 1: $p_1V_1 = \nu RT_1$
для 3: $kp_1 \cdot kV_1 = \nu R \cdot 4T_1$
тогда $k = 2$, т.е. $\frac{p_3}{p_1} = 2 = \frac{V_3}{V_1}$



Ответ: $A = 2{,}5$ кДж
$\eta = 0{,}238$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№5

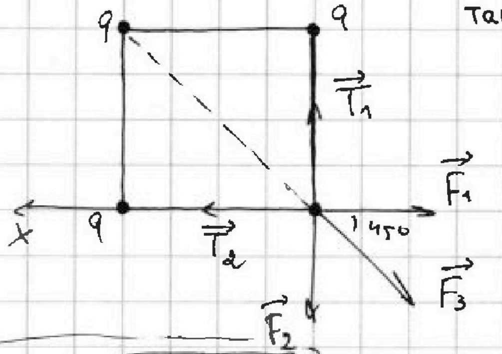
a

$T,\ \varepsilon_0$

$|q|$ – ?

K – ?

d – ?



Рассмотрим силы, действующие на один шарик, т.к. в силу симметрии для остальных такая же ситуация.

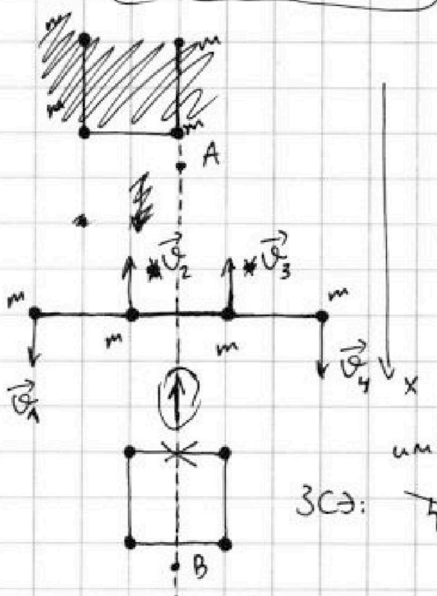
$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

$$OX:\ T = F_1 + F_3\cos 45^\circ$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2}\cdot\frac{\sqrt2}{2};\quad T = \frac{kq^2}{a^2}\left(1+\frac{\sqrt2}{4}\right)$$

$$|q| = \sqrt{\frac{a^2T}{\left(1+\frac{\sqrt2}{4}\right)k}}$$

$$\boxed{|q| = \sqrt{\frac{4\pi\varepsilon_0 a^2 T}{1+\frac{\sqrt2}{4}}}}$$



т.к. на систему не действуют внешние силы, то ЗСИ: OX:

$$0 = m\vartheta_1 - m\vartheta_2 - m\vartheta_3 + m\vartheta_4.$$

В силу симметрии $\vartheta_1 = \vartheta_4$ и $\vartheta_2 = \vartheta_3$, тогда

$$2m\vartheta_1 = 2m\vartheta_2;\quad \vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta = \vartheta_3 = \vartheta_4,$$

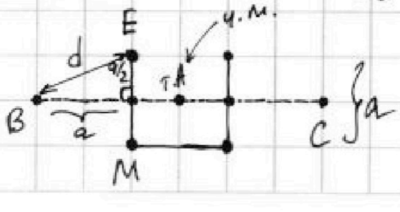
т.е. у всех шариков скорости одинаковы и равны ϑ. (Все скорости шариков направлены перпендикулярно стержню, потому что нить натянута (т.е. проекции на неё всех скоростей равны) и в силу симметрии скорости должны иметь зеркальные направления отн. оси симметрии AB)

$$\text{ЗСЭ:}\quad \cancel{4\cdot\frac{kq^2}{a}} + 2\cdot\frac{kq^2}{a\sqrt2} = 4K + \cancel{3\cdot\frac{kq^2}{a}} + \cancel{2\cdot\frac{kq^2}{2a}} + \frac{kq^2}{3a}$$

кин. энергии шариков одинаковы, т.к. скорости и массы одинаковы.

$$K = \frac{kq^2}{4a}\left(\sqrt2 - \frac13\right) = \underline{\frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 a}\left(\sqrt2 - \frac13\right)} \qquad (A_T = 0)$$

Если векторно сложить все силы в системе, то мы получим $\vec{0}$ в любой момент времени (т.к. на систему не действуют внешние силы и по 3-ему з-ну Ньютона), тогда по теореме о движении центра масс его ускорение в любой момент времени будет нулевым, т.е. ц.м. не изменит положения.



тогда $d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{a\sqrt5}{2}$ (на рисунке т.A соответствует ц.м. систем $BC \perp EM$ в силу симметрии)

$$\boxed{\text{Ответ: } |q| = \sqrt{\frac{4\pi\varepsilon_0 a^2 T}{1+\frac{\sqrt2}{4}}};\ K = \frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 a}\left(\sqrt2 - \frac13\right);\ d = \frac{a\sqrt5}{2}}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

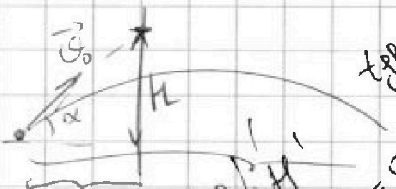
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ



$tg\beta = \frac{\vartheta_0^2}{gS}$ $\quad L = \frac{\vartheta_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$H = \frac{\vartheta_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2\vartheta_0^2} - \frac{\vartheta_0^2}{2g} =$

$\vartheta_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = 14$ м/с $= \frac{\vartheta_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2\vartheta_0^2}$

$S\,tg\beta - \frac{gS^2}{2\vartheta_0^2} - \frac{gS^2}{2\vartheta_0^2}tg^2\beta = H'$

$S \cdot \frac{1}{\cos^2\beta} - \frac{gS^2}{2\vartheta_0^2} \cdot 2tg\beta \cdot \frac{1}{\cos^2\beta} = 0$

$\begin{cases} S = \vartheta_0 \cos\beta t; \\ H = \vartheta_0 \sin\beta t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$ $\quad t = \frac{S}{\vartheta_0 \cos\beta}$

$H = \vartheta_0 \sin\beta \frac{S}{\vartheta_0 \cos\beta} - \frac{gS^2}{2\vartheta_0^2 \cos^2\beta} = S\,tg\beta - \frac{gS^2}{2\vartheta_0^2 \cos^2\beta}$

$H' = S \cdot \frac{\cos\beta \cdot \cos\beta + \sin\beta \cdot \sin\beta}{\cos^2\beta} - \frac{2gS^2}{2\vartheta_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^3\beta} \cdot \sin\beta = 0$

$\cancel{H = \frac{\vartheta_0^2 \sin^2\beta}{2g}}$

$0 = S - \frac{gS^2}{\vartheta_0^2} tg\beta; \quad tg\beta = \frac{\vartheta_0^2}{gS}$

$tg^2\beta + 1 = \frac{1}{\cos^2\beta}; \quad \frac{\vartheta_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2\vartheta_0^2}\left(\frac{\vartheta_0^2}{gS} + 1\right) =$

$\cancel{\begin{cases} S = \vartheta_0 \cos\alpha t \\ H = \vartheta_0 \sin\alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}}$ $\quad S^2 = \frac{2\vartheta_0^2}{g}\left(\frac{\vartheta_0^2}{2g} - H\right)$

$= \frac{\vartheta_0^2}{g} - \frac{S}{2} - \frac{gS^2}{2\vartheta_0^2} = 3{,}6\; H \,\Big|\cdot \frac{2\vartheta_0^2}{g}$

$\frac{200}{10 \cdot 3{,}6} = \frac{200}{36} =$

$\frac{200}{10 \cdot 9{,}6}$

$2\vartheta_0^4 - \vartheta_0^2 gS - g^2S^2 = 2\vartheta_0^2 gH$

$S^2g^2 + S(g\vartheta_0^2) - 2\vartheta_0^4 + 2\vartheta_0^2 gH = 0$

$100S^2 + 2000S - 100(200 + 36) = 0$

$S^2 + 20S - 944 = 0$

$D = 400 + 944 \cdot 4 \approx 4000 = (20\sqrt{10})^2$

$S = \frac{-20 + 20\sqrt{10}}{2} = 10(\sqrt{10} - 1) \approx 20$ м

$\begin{cases} t = \frac{2\vartheta_0 \sin\beta}{g} \\ S = \vartheta_0 \cos\beta t \\ H = \frac{\vartheta_0^2 \sin^2\beta}{2g} \end{cases}$

$500 : 21 = 23{,}8$

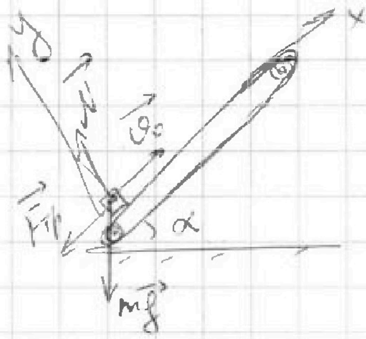
$\begin{cases} S = \frac{\vartheta_0^2 \sin 2\beta}{2g} \\ H = \frac{\vartheta_0^2 \sin^2\beta}{2g} \end{cases}$ $\quad \sin\beta = \sqrt{\frac{2gH}{\vartheta_0^2}} = \frac{\sqrt{2gH}}{\vartheta_0} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3{,}6}}{10\sqrt{2}} = 0{,}6$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

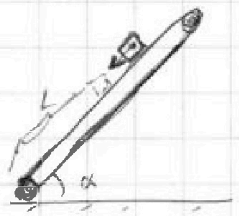


$$a = \frac{\mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha}{m} = g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$$

$$S = v_0 T - \frac{aT^2}{2}$$

$$S = v_0 T - \frac{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)T^2}{2} =$$

$$= 6\cdot 1 - \frac{10\cdot(0{,}4 + 0{,}6)\cdot 1^2}{2} = 1\ (м)$$



$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)} = \frac{5}{10} = 0{,}5\ (c)$$

$$\mu mg\cos\alpha \vee mg\sin\alpha$$

$$\mu \vee tg\,\alpha$$

3,6 < 1,8

1,8

$$0{,}5 < \frac{5}{4}$$

$$l = \frac{(v_0 - u)^2}{2\cdot 10} = \frac{25}{20} = 1{,}25\ (м)$$

$$5\cdot 0{,}5 - \frac{10\cdot 0{,}5^2}{2} = 2{,}5 - \frac{5}{4} = \frac{10}{4} - \frac{5}{4} = \frac{5}{4}$$

$$\cancel{S_1 = \frac{v_0^2}{2a}}\quad S_1 = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2};\quad S_2 = \frac{a_1(T - t_1)^2}{2}$$

$$\frac{6^2}{2\cdot 10} = \frac{2\cdot 0{,}4^2}{2} = 0{,}16$$

$$L_1 = (v_0 - u)T_1 - \frac{aT_1^2}{2};\quad L_2 = \frac{a_1 T_2^2}{2}$$

$$2{,}5 - \frac{5}{4} = 1{,}25\ (м)$$

$$k = F\ell - \mu mg\ell$$

$$k = F\ell\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha)\ell$$

$$F\ell - \mu mg\ell = F\ell\cos\alpha - \mu mg\ell + \mu F\ell\sin\alpha$$

$$1 = \cos\alpha + \mu\sin\alpha$$

$$\boxed{\mu = \frac{\sin\alpha}{1 - \cos\alpha}}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

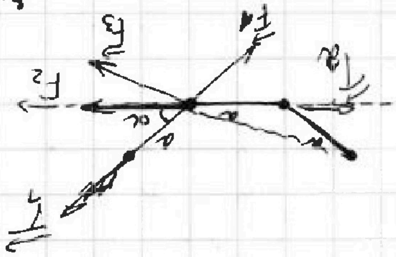
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

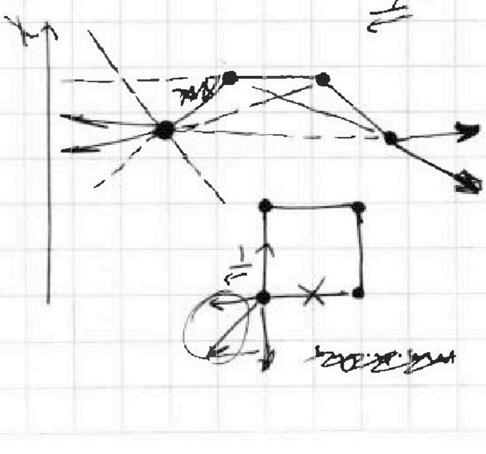
$$\frac{2\cdot \overset{20}{200}}{10}\left(\frac{200}{2\cdot 10} - 3,6\right) =$$

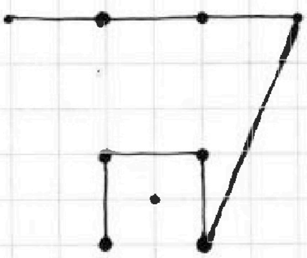
$$= 6,4\cdot 40 =$$

$$= 64\cdot 4 = 2\cdot 8$$

$$\frac{200}{10\cdot 16} = \frac{20}{16} = \frac{5}{4}$$







На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$\frac{c-c_p}{c-c_v} =$

$p^3V^5 = const$

$\frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$ $\quad pV^{\gamma} = const$

$c_p \cdot \nu \cdot \Delta T = \nu R \Delta T + \frac{3}{2}\nu R \Delta T$

$C_p = \frac{5}{2}R$
$C_v = \frac{3}{2}R$

(1-2): изотерма $pV^{\infty} = const$ $\quad \frac{\frac{3}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R - \frac{3}{2}R} = \infty$ $\quad \frac{Q}{\nu \Delta T} = \infty$, $\Delta T = 0$

(2-3): $pV^2 = const$

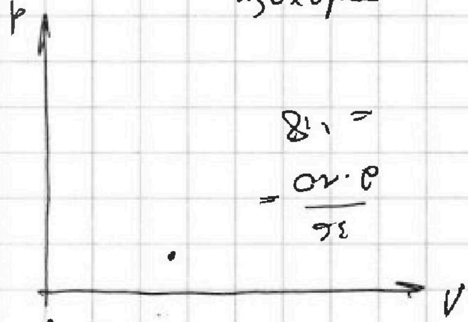
(3-1): $\frac{p}{V} = const$ $\quad \frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-2R}{-R} = 2$

$p_1V_1 = \nu R T_1$

$k^2 p_1 V_1 = \nu R \cdot 4 T_1$

$k = 2$

$pV^2 = const$ $\quad C_v = C$ изохора



$\frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-\frac{1}{2}R}{\frac{1}{2}R} = 1$

$8p_1 \cdot V_1^2 \overset{?}{=} 2p_1 \cdot 4V_1^2$

$Q = 2R\nu\Delta T = -A + \frac{3}{2}\nu R \Delta T$

$Q > 0$

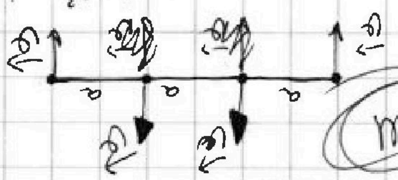
$A' + \frac{3}{2}\nu R \Delta T$

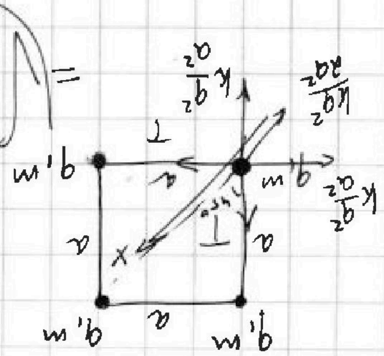
$\sum A + \Delta U_{ц} = Q_ц$, $\Delta U_ц = 0$

$\eta = \frac{\sum A}{Q_{пол}} = \frac{Q_ц}{Q_{пол}}$

$\frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-2R}{-R} = 2$

$\frac{2 - \frac{5}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = \frac{-\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = -1$





$\frac{kq^2}{a^2}\left(\frac{1}{2} + \sqrt{2}\right)$

$T\sqrt{2} = \frac{kq^2}{a^2}\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{a^2}$

$2T\cos 45^\circ = \frac{kq^2}{a^2} + 2\cdot\frac{kq^2}{a^2}\cdot\cos 45^\circ$