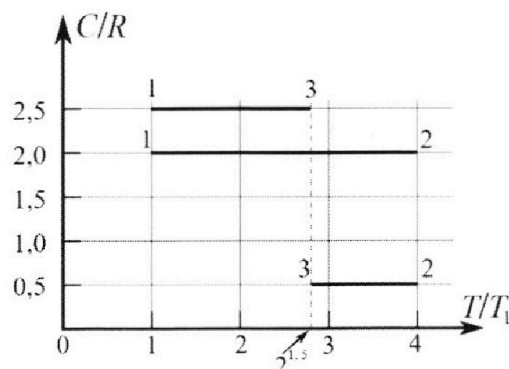


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

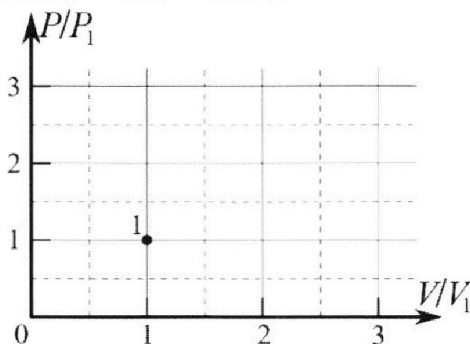
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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.



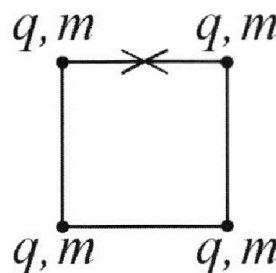
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V 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 сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

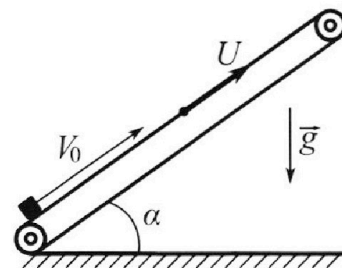
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

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 скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



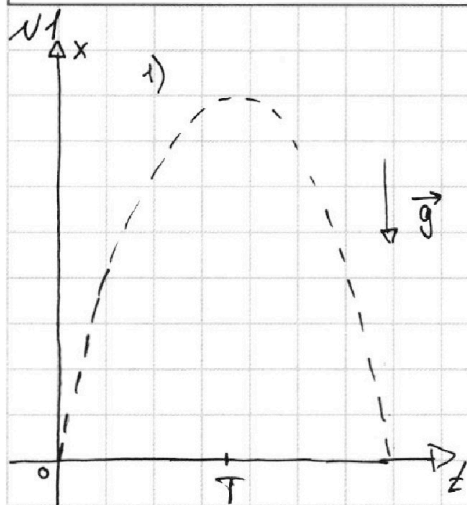
1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

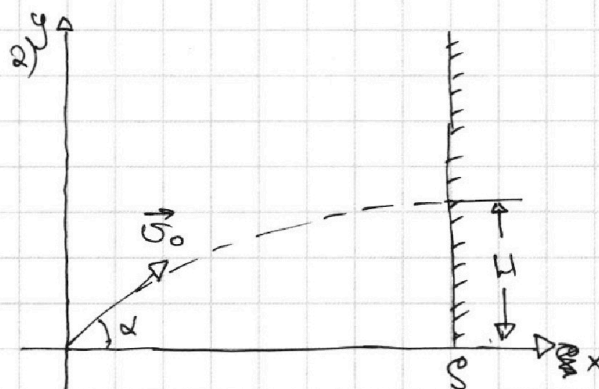
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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



Дано: ~~$\vec{v}_0$~~ $H_{\max}$ за $T=2c$, $S=20\text{ м}$

Найти: 1) v_0 ; 2) H - максимальная высота



Решение:

$$1) x(t) = v_0 t - \frac{g t^2}{2};$$

$$x(T) = H_{\max} \Rightarrow x(2T) = 0$$

$$x(2T) = 2v_0 T - \frac{g \cdot 4T^2}{2} = 2T(v_0 - gT) \Rightarrow v_0 - gT = 0 \Rightarrow v_0 = gT;$$

$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2c = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$2) \begin{cases} x(t) = v_0 \cos \alpha t \\ y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} \end{cases}$$

Пусть τ - время удара мяча об стенку, тогда $x(\tau) = S$

$$v_0 \cos \alpha \tau = S \Rightarrow \tau = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$y(\tau) = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = H$$

$$H' = S(\tan \alpha)' - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right)' = 0$$

$$20 \cdot (\tan \alpha)' - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right)' = 0$$

$$-4 \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} + \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0; \cos \alpha \neq 0 \Rightarrow \tan \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{4}{5}.$$

$$H = 20 \cdot \frac{1}{2} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400 \cdot \frac{4}{5}} = 10 - 5 \cdot \frac{5}{4} = 10 - 6,25 = 3,75 \text{ (м)}$$

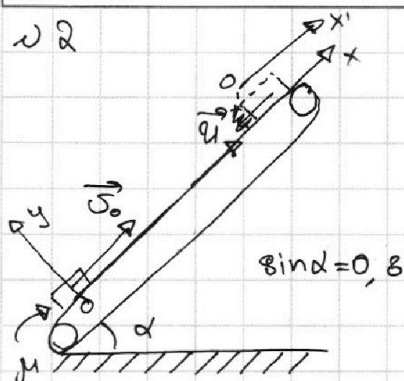
Ответ: 1) $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $3,75 \text{ м}$

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!



2.2



1) $v_0 = 4 \text{ м/с}$, $U = 0 \text{ м/с}$, $\mu = \frac{1}{3}$, $T: S = 1 \text{ м}$

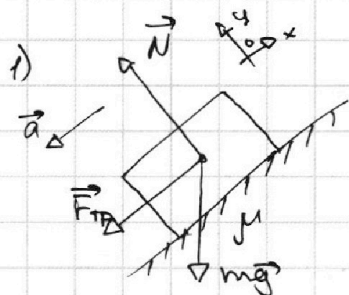
2) $U = 2 \text{ м/с}$, $v_0 = 4 \text{ м/с}$, $v = U$: на расстоянии L от точки старта

3) $H = ?$: $v = 0 \text{ м/с}$

Найти: 1) $T = ?$, 2) $L = ?$; 3) $H = ?$

Решение:

На груз действуют силы: $\vec{N}$, $\vec{F}_{\text{тр}}$ и $m\vec{g}$.
Ускорение по Oy равно нулю.



$N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$
 $Ox: -F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = ma_x \Rightarrow ma_x = -\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = -mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \Rightarrow a_x = -g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

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

$4T - 10 \left(\frac{1}{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{16}{25}} + \frac{4}{5} \right) T^2 = 1$

$4T - 5 \cdot 1 T^2 = 1$

$5T^2 - 4T + 1 = 0$

$D = 16 - 20 = -4 < 0 \Rightarrow$ Брусок не сможет опуститься до того, как пройдет путь S , тогда сила трения меняется на противоположную.

$ma_x = -mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = mg(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \Rightarrow a_x = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$

$x'(t) = \frac{a_x t}{2} = \frac{g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) t}{2}$

Пусть до начала спуска груз прошел путь S_1 за время T_1 .

$v_x(t_1) = 0 \Rightarrow v_0 - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T_1 = 0 \Rightarrow T_1 = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$

$T_1 = \frac{4 \text{ м/с}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right)} = 0,4 \text{ с}$

$S_1 = x(T_1) \Rightarrow S_1 = 0,8 \text{ м} \Rightarrow S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ м}$

$x'(T_2) = \frac{g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) T_2^2}{2} = -S_2 \Rightarrow T_2 = \sqrt{\frac{2 S_2}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}}$

$T_2 \approx 0,251 \text{ с}$

$T = T_1 + T_2 = 0,4 + 0,251 = 0,651 \text{ с}$

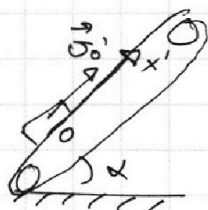
см. продолжение (лист 1)

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!



2) Перейдём в систему отсчёта, связанную с ~~грузом~~ грузовой лентой. Когда скорость груза U будет равна скорости ленты U , в этой системе отсчёта её скорость U' будет равна 0.



$$U_0' = U_0 - U; U_0' = 2 \text{ м/с.}$$

$$x(t) = U_0' t + a_x \cdot t^2$$

$$a_x' = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$U_x'(T) = 0 \Rightarrow U_0' = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{U_0'}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}; T = \frac{1}{3} \text{ с} \quad T = 0,2 \text{ с}$$

$$x(t) = U_0 t - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot \frac{t^2}{2}$$

$$x(T) = L = U_0 T - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot \frac{T^2}{2} \Rightarrow L = 0,6 \text{ м}$$

3) В той же системе отсчёта, когда скорость коробки равна нулю, $U_x' = -U$

$$U_x'(T) = U_0' - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T = -U \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{U_0' + U}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \Rightarrow T = 0,4 \text{ с}$$

$$x(T) = U_0 T - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot \frac{T^2}{2}; x(T) = 0,8 \text{ м}$$

$$H = x(T) \cdot \sin \alpha = 0,64 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $\sim 0,651 \text{ с}$; 2) $0,6 \text{ м}$; 3) $0,64 \text{ м}$.

см. продолжение (лист 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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

н 2

3) В той же системе отсчёта, что и в пункте 2),
когда скорость коробки равна нулю, $v_x' = -u$.

При этом коробка движется медленней, чем
лента, значит сила трения направлена
вверх и $a_x' = -g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

$$v_x'(t) = -g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)t$$

$$v_x'(\tau) = -u \Rightarrow g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)\tau = u \Rightarrow \tau = \frac{u}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} \Rightarrow \tau = \frac{1}{3} \text{ c.}$$

$$x(\tau) = \cancel{0,6} L_{\max} - g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)\tau^2 \cdot \frac{1}{2}, \text{ где } L_{\max} = L_1 \text{ (из пункта 2))}$$

$$x(\tau) = 0,6 - 10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{9} \approx 0,27 \text{ (м)}$$

$$H = x(\tau) \cdot \sin\alpha \Rightarrow H \approx 0,216 \text{ м}$$

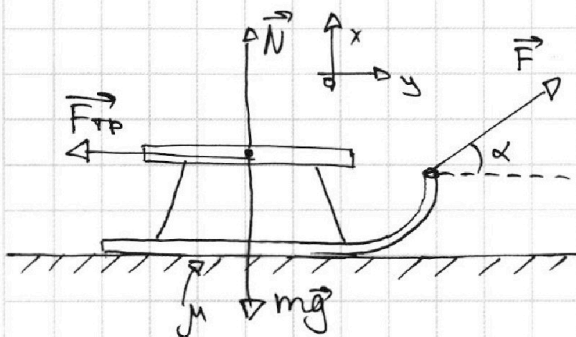
Ответ: 1) $\sim 0,65 \text{ c}$; 2) $0,6 \text{ м}$; 3) $0,64 \text{ м}$

(лист 3)

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



$$\vec{v} \rightarrow \vec{v}_0, F_1 = F_2 = F.$$

$$1) \alpha; 2) \alpha=0, t_1=t_2.$$

Разгон за одинаковое время.

$$1) \mu=?; 2) T=?; \text{ санки останутся.}$$

Решение:

1) Разгоняются до v_0 за одинаковое время $\Rightarrow a_1 = a_2 = a$

$$\textcircled{1} \begin{aligned} O_x: N + F \sin \alpha - mg &= 0 \Rightarrow N = mg - F \sin \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg - \mu F \sin \alpha \\ O_y: F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha &= ma \quad (1) \end{aligned}$$

$$\textcircled{2} \begin{aligned} O_x: N - mg &= 0 \Rightarrow N = mg \Rightarrow F_{\text{тр}2} = \mu mg \\ O_y: F - \mu mg &= ma \quad (2) \end{aligned}$$

$$\textcircled{2} \Rightarrow F = m(a + \mu g)$$

$$\text{Подставляем в (1): } m(a + \mu g) \cos \alpha - \mu mg + \mu m(a + \mu g) \sin \alpha = ma$$

$$\text{Подставляем (2) в (1):}$$

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

$$\mu(F \sin \alpha - mg + mg) = F(1 - \cos \alpha)$$

$$\mu F \sin \alpha = F(1 - \cos \alpha)$$

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

$$2) \text{ После прекращения действия сил: } a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g.$$

$$v(t) = v_0 - at$$

$$v(T) = 0 \Rightarrow v_0 = \mu g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$\text{Ответ: } 1) \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; 2) T = \frac{v_0}{\mu g}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

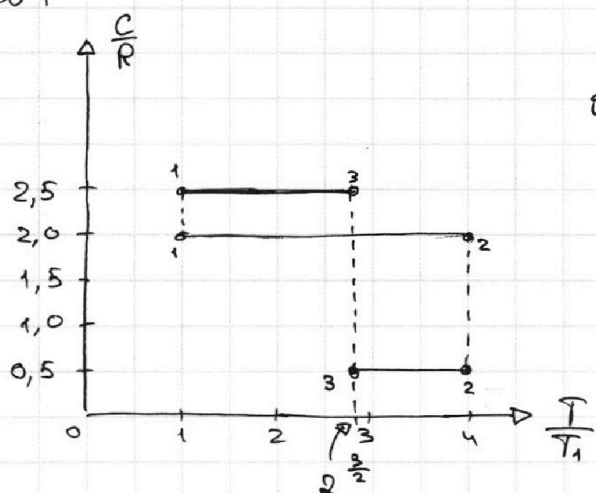
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



УЧ



$\nu = 1$ моль, $i = 3$, $T_1 = 400$ К

1) $A_{12} = ?$

2) $\eta = ?$

3) График в коорг. $\frac{p}{p_1} \left(\frac{V}{V_1} \right)$.

Решение:

$$1) \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \cdot T_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R T_1 \cdot 3 = \frac{9}{2} \nu R T_1.$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\frac{Q_{12}}{T_2 - T_1} = C_{12} = \frac{\Delta U_{12} + A_{12}}{T_2 - T_1} \Rightarrow A_{12} = C_{12} \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) T_1 - \frac{9}{2} \nu R T_1 =$$

$$= C_{12} \cdot T_1 \cdot 3 - \frac{9}{2} \nu R T_1 \Rightarrow A_{12} = 2 \cdot 400 \cdot 3 - \frac{9}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 =$$

$$= 2400 - 14958 = -12558 \text{ (Дж)}$$

$$2) Q_{12} = C_{12} T_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 2 \cdot 400 \cdot 3 = 2400 \text{ (Дж)}.$$

$$Q_{23} = C_{23} T_1 \left(\frac{T_3}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \right) = 0,5 \cdot 400 \cdot \left(2^{\frac{3}{2}} - 4 \right) = -200 \cdot (4 - 2^{\frac{3}{2}}) =$$

$$= -400 (2 - \sqrt{2}) \text{ (Дж)}$$

$$Q_{31} = C_{31} T_1 \left(\frac{T_1}{T_3} - \frac{T_2}{T_1} \right) = 2,5 \cdot 400 \cdot \left(1 - 2^{\frac{3}{2}} \right) = 1000 (1 - 2^{\frac{3}{2}}) =$$

$$= -1000 (2^{\frac{3}{2}} - 1) \text{ (Дж)}$$

$$Q^+ = Q_{12}; Q^- = |Q_{23} + Q_{31}| = 800 - 200 \cdot 2^{\frac{3}{2}} + 1000 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 1000 =$$

$$= 10^2 (8 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 2) = 200 (2^{\frac{5}{2}} - 1) \text{ см. продолжение (мат)}$$

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

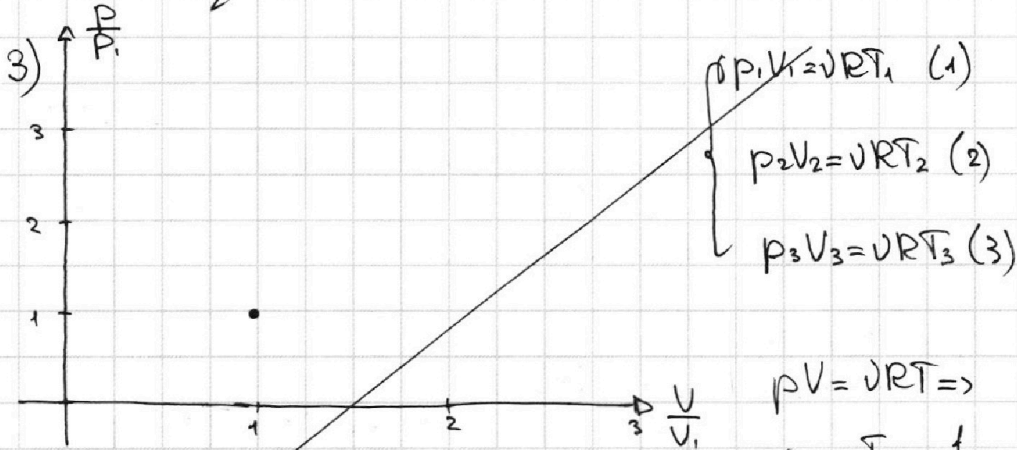
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



24

$$\eta = \frac{Q^+ - Q^-}{Q^+} = \frac{2400 - 200(2^{\frac{2}{3}} - 1)}{2400} = 1 - \frac{2^{\frac{2}{3}} - 1}{12} \approx 1 - \frac{11,28 - 1}{12} \approx 1 - 0,86 =$$

$$= 0,14 \Rightarrow \eta \approx 14\%$$



$$\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 4 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 4 \cdot \frac{1}{(V_2/V_1)};$$

Аналогично $\frac{P_3}{P_1} = 2^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{1}{(V_3/V_1)}$

$$pV = \nu RT \Rightarrow$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{1}{(V/V_1)},$$

график - гипербола.

Ответ: 1) - 12558 Дж; 2) ~14%

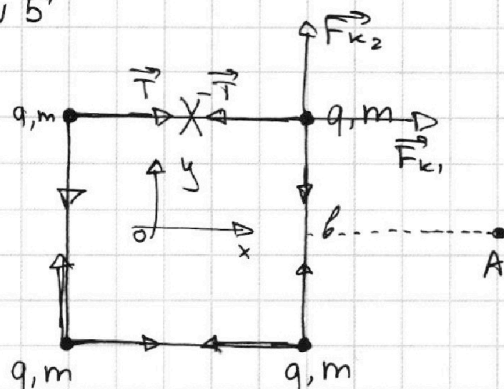
(лист 2)

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!



№ 5



Дано: b, q, m

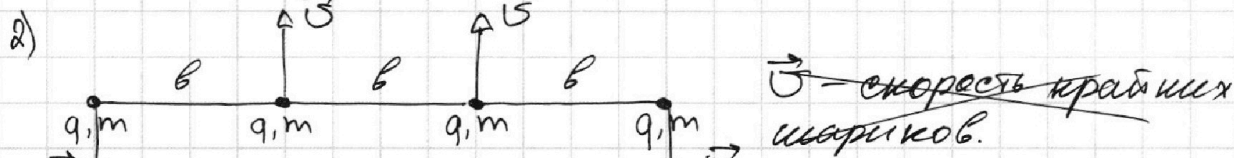
1) $T = ?$ - сила натяжения нитей

2) $U = ?$ - любой шарик, когда ~~нити~~ ^{они} находятся на одной прямой.

3) d - расстояние от верхних до точки старта.

Решение:

1) $F_k = \frac{kq^2}{b^2}$; $O_y: F_k - T = 0 \Rightarrow \frac{kq^2}{b^2} = T \Rightarrow T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 b^2}$.



$W_1 = \frac{kq^2}{b} (1 + 1 + \sqrt{2} + 1 + \sqrt{2} + 1) = \frac{kq^2}{b} (4 + 2\sqrt{2})$ - потенциальная энергия взаимодействия до разрезания

$W_2 = \frac{kq^2}{b} (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2} + 1) = \frac{kq^2}{b} \cdot \frac{13}{3}$.

ЗСЭ: $\frac{42mU^2}{2} + W_2 = W_1$;

$2mU^2 = \frac{kq^2}{b} (4 + 2\sqrt{2} - \frac{13}{3}) = \frac{kq^2}{b} (2\sqrt{2} - \frac{1}{3}) \Rightarrow U = \sqrt{\frac{kq^2}{6m} (2\sqrt{2} - \frac{1}{3})}$

$\Rightarrow U = \sqrt{\frac{kq^2}{6m} \cdot \frac{2\sqrt{2} - \frac{1}{3}}{2}} = \sqrt{\frac{kq^2}{6m} (\sqrt{2} - \frac{1}{6})}$. Скорости шариков

будут такими по закону сохранения импульса.

3) Скорости шариков в любой момент времени будут одинаковыми $\Rightarrow$ правый верхний шарик распространяется в точку А. $d = \sqrt{(\frac{b}{2})^2 + b^2} = b\sqrt{\frac{5}{2}}$.

Ответ: 1) $T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 b^2}$; 2) $U = \sqrt{\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 6m} (\sqrt{2} - \frac{1}{6})}$; 3) $d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\left(\frac{1}{g}\right)' = \frac{f'g - g'f}{g^2}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{4V_1}{V_2}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

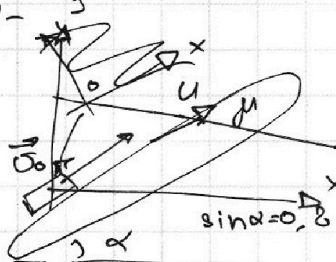
$$\left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}\right)' = \frac{(\sin \alpha)' \cos \alpha - (\cos \alpha)' \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = 2 \frac{V_1}{V_2}$$

$$\left(\frac{1}{\cos^2 \alpha}\right)' = \frac{0 - (-2 \sin \alpha \cos \alpha) \alpha'}{\cos^4 \alpha} = \frac{2 \sin \alpha \alpha'}{\cos^3 \alpha}$$

$$\left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}\right)' = \frac{(\sin \alpha)' \cos \alpha - (\cos \alpha)' \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = 2 \frac{V_1}{V_2}$$



$$1) U=0, U_0=4 \text{ м/с}, \mu=\frac{1}{3}, S=1 \text{ м}$$

$$T=?$$

$$y(t) = U_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x(t) = U_0 \cos \alpha t$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3 = U_0^2 t^2 - g U_0 \sin \alpha t^3$$

$$10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{5}\right) = \frac{2}{10 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{2}{10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{5}\right)} = 0,2$$

$$4 \cdot 0,2 - 10 \cdot \frac{0,2^3}{2} = 0,8 - 5 \cdot 0,008 = 0,8 - 0,04 = 0,76$$

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

$$x(t) = U_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$a = g \cdot 10 \cdot \left(\frac{4}{5} + \frac{1}{5} \cdot \frac{3}{5}\right) = 10$$

$$5 t^2 - 4 t = 1$$

$$U = U_0 - a t$$

$$U = 10 - 4 t \Rightarrow t = 0,4$$

$$x(t) = 4 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,16}{2} = 1,6 - 0,8 = 0,8$$

$$4 \cdot 0,4 - 10 \cdot \frac{0,16}{2} = 1,6 - 0,8 = 0,8$$

$$L = 4 \cdot \frac{1}{3} - 10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{5}\right) \cdot \frac{1}{2} = \frac{4}{3} - 8 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = \frac{20 - 36}{15} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$0,27 \cdot 0,8$$

$$\frac{27 \cdot 8}{1000} = \frac{216}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{27 \cdot 8}{1000} = 0,216$$

$$N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha = 16 T^2 + \frac{100 t^4}{4} - 4 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot t^3$$

$$ma = F_{\text{тр}} \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$1 = 16 T^2 + 25 T^4 - 32 T^3$$

$$1) U=0, U_0=4, \mu=\frac{1}{3}, S=1 \text{ м}$$

$$T=?$$

$$y(t) = 0$$

$$x(t) = U_0 t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$x(T) = S$$

$$U_0 T - \frac{g \sin \alpha T^2}{2} = S$$

$$4 T - \frac{10 \cdot 0,8 \cdot T^2}{2} = 1$$

$$4 T - 4 T^2 = 1$$

$$4 T^2 - 4 T + 1 = 0$$

$$(2 T - 1)^2 = 0$$

$$T = \frac{1}{2}$$

$$H = x \cdot \sin \alpha = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{9 - 5}{15} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$= U_0^2 t^2 + \frac{g^2 t^4}{4} - U_0 g \sin \alpha t^3$$

$$= 16 T^2 + \frac{100 t^4}{4} - 4 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot t^3$$

$$1 = 16 T^2 + 25 T^4 - 32 T^3$$

$$1) U=0, U_0=4, \mu=\frac{1}{3}, S=1 \text{ м}$$

$$T=?$$

$$y(t) = 0$$

$$x(t) = U_0 t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$x(T) = S$$

$$U_0 T - \frac{g \sin \alpha T^2}{2} = S$$

$$4 T - \frac{10 \cdot 0,8 \cdot T^2}{2} = 1$$

$$4 T - 4 T^2 = 1$$

$$4 T^2 - 4 T + 1 = 0$$

$$(2 T - 1)^2 = 0$$

$$T = \frac{1}{2}$$

$$H = x \cdot \sin \alpha = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$H = \frac{3}{5} - \frac{1}{3} = \frac{4}{15}$$

$$4 \cdot 0,2 - 10 \cdot \frac{0,2^3}{2} = 0,8 - 5 \cdot 0,008 = 0,8 - 0,04 = 0,76$$

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

$$x(t) = U_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$a = g \cdot 10 \cdot \left(\frac{4}{5} + \frac{1}{5} \cdot \frac{3}{5}\right) = 10$$

$$5 t^2 - 4 t = 1$$

$$U = U_0 - a t$$

$$U = 10 - 4 t \Rightarrow t = 0,4$$

$$x(t) = 4 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,16}{2} = 1,6 - 0,8 = 0,8$$

$$4 \cdot 0,4 - 10 \cdot \frac{0,16}{2} = 1,6 - 0,8 = 0,8$$

$$L = 4 \cdot \frac{1}{3} - 10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{5}\right) \cdot \frac{1}{2} = \frac{4}{3} - 8 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$L = \frac{4}{3} - \frac{12}{5} = -\frac{16}{15}$$

$$0,27 \cdot 0,8$$

$$\frac{27 \cdot 8}{1000} = \frac{216}{1000} = 0,216$$

$$0,27 \cdot 0,8 = \frac{2$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$20. \left(\frac{\sin x}{\cos x} \right)' - \frac{16 \cdot 400}{2 \cdot 400} \cdot \frac{1}{(\cos^2 x)'} = 0 \quad (\cos x)' = -\sin x \quad 1, 41$$

$$20. \frac{(\sin x)' \cos x - (\cos x)' \sin x}{\cos^2 x} - 5 \cdot \frac{1' \cdot \cos^2 x - (\cos^2 x)' \cdot 1}{\cos^4 x} = 0$$

$$20. \frac{\cos^2 x + \sin^2 x}{\cos^2 x} - 5 \cdot \frac{1}{\cos^2 x} + \frac{2 \sin x \cos x}{\cos^3 x} = 0$$

$$\frac{Q_{12}}{T_2 - T_1} = C_{12} \quad \cos x \neq 0.$$

$$\Delta U_{12} = \frac{9}{2} \cdot U_R T_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = \frac{2 \sin x}{\cos x} = 0 \Rightarrow \tan x = -\frac{1}{2} \quad x = 28.0^\circ \approx 8.1, 41$$

$$= \frac{9}{2} \cdot 1.6, 31 \cdot 400 \cdot 3 (\sin x)' = -\cos x = 6(400 - 9 \cdot 831) = 6 \cdot 400 - 7479$$

$$4. 20. \left(\frac{\sin^2 x}{\cos^2 x} \right)' - 5 \left(\frac{1}{\cos^2 x} \right)' = 0.$$

$$4. \frac{(\sin^2 x)' \cos^2 x - (\cos^2 x)' \sin^2 x}{\cos^4 x} - \frac{2 \sin x \cos x}{\cos^3 x} = 0$$

$$4. \frac{-\cos^2 x - \sin^2 x}{\cos^2 x} + \frac{2 \sin x}{\cos^3 x} = 0.$$

$$-4. \frac{1}{\cos^2 x} + \frac{2 \sin x}{\cos^3 x} = 0$$

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$$

$$\tan^2 x + 1 = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\frac{9}{2} \cdot 8, 31 \cdot 400 =$$

$$\Rightarrow \cos^2 x = \frac{1}{\tan^2 x + 1} = \frac{1}{\frac{1}{4} + 1} = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$Q_{12} < 0$$

$$p_2 V_2 = U_R$$

$$p_1 V_1 = U_R T_1$$

$$\frac{Q_{23}}{T_3 - T_2} = C_{23}$$

$$\frac{2}{10 \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right)} = \frac{1}{5 \cdot \frac{8}{9}} = \frac{1}{2}$$

$$Q_{23} = C_{23} \left(\frac{T_3}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \right) \cdot T_1 =$$

$$= T_1 C_{23} \cdot (2^{\frac{3}{2}} - 4) = T_2 = 4 T_1 = 1600 K$$

$$\frac{p_1 V_1}{400} = \frac{p_2 V_2}{1600} \quad p_1 V_1 = \frac{p_2 V_2}{4}$$

$$\eta = \frac{Q^+ + Q^-}{1 Q T} = \frac{2400 - 1000}{1000} = \frac{1400}{1000} = 1.4$$

$$= \frac{3 - 4 \cdot 2^{\frac{3}{2}}}{4 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 1} = \frac{3 - 2^{\frac{3}{2}}}{2^{\frac{3}{2}} - 1}$$