

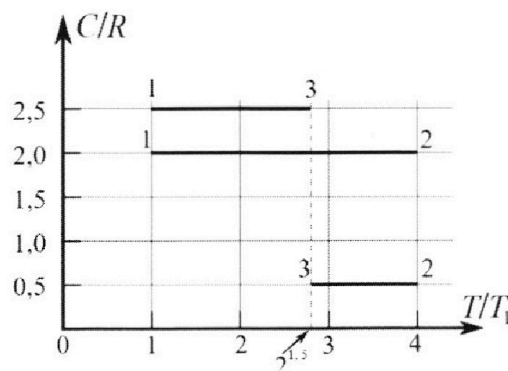
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



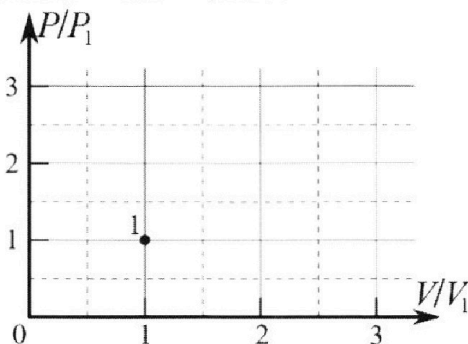
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 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  $\eta$  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.



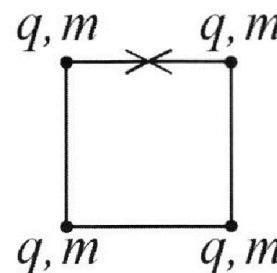
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.

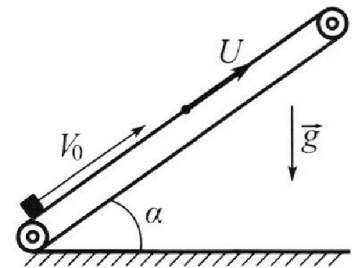
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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.

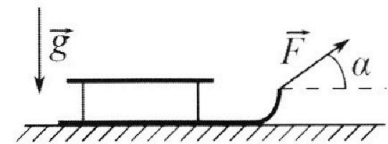
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.

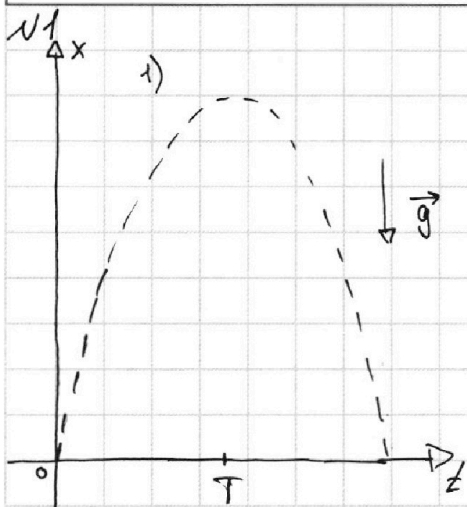
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

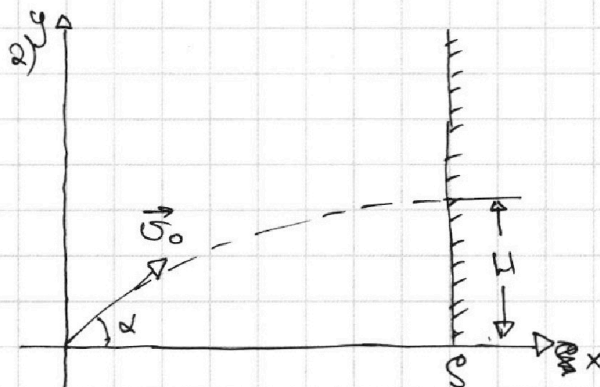
**МФТИ**

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



Дано:  ~~$v_0$~~   $H_{\max}$  за  $T=2c$ ,  $S=20\text{ м}$

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



Решение:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{d}{d\alpha} H = S(\operatorname{tg} \alpha)' - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha}\right)' = 0$$

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

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

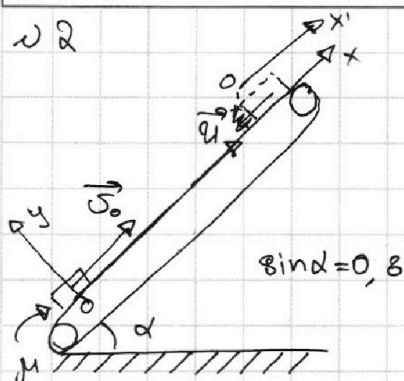
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



22



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

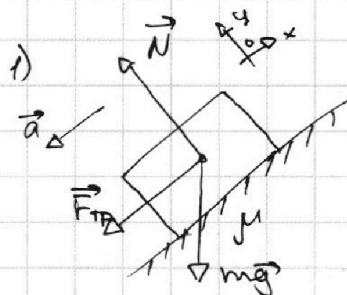
2)  $u = 2 \text{ м/с}$ ,  $v_0 = 4 \text{ м/с}$ ,  $v = u$ : на расстоянии  $L$  от точки старта

3)  ~~$H = ?$~~ :  $v = 0 \text{ м/с}$

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

Решение:

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

Пусть до начала спуска брусок 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)



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

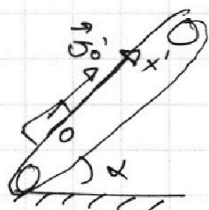
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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  $v$  будет равна скорости ленты  $u$ , в этой системе отсчёта её скорость  $v'$  будет равна 0.



$$v_0' = v_0 - u; v_0' = 2 \text{ м/с.}$$

$$v_{x'}(t) = v_0' + a_{x'} \cdot t.$$

$$a_{x'} = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$v_{x'}(T) = 0 \Rightarrow v_0' = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{v_0'}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}; T = \frac{1}{3} \text{ с} \quad T = 0,2 \text{ с}$$

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

$$x(T) = L = v_0 T - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot \frac{T^2}{2} \Rightarrow L = 0,6 \text{ м}$$

3) В той же системе отсчёта, когда скорость коробки равна нулю,  $v_{x'} = -u$

$$v_{x'}(T) = v_0' - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T = -u \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{v_0' + u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \Rightarrow T = 0,4 \text{ с}$$

$$x(T) = v_0 T - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot \frac{T^2}{2}; x(T) = 0,8 \text{ м}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(лист 3)

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

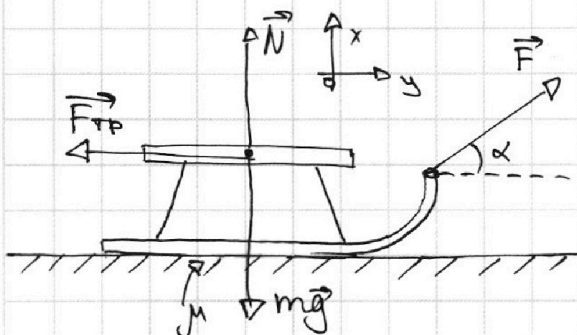
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



№ 3



$$\vec{v} = 0 \rightarrow v_0, F_1 = F_2 = F.$$

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

Разгон за одинаковое время.

1)  $\mu=?$ ; 2)  $T=?$ : санки останутся.

Решение:

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

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

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

$$\textcircled{1} \Rightarrow F = m(a + \mu g)$$

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

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

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

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

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:

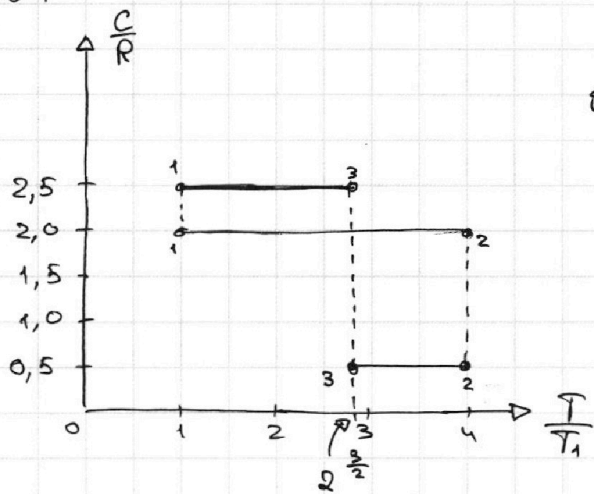
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



УЧ



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

1)  $A_{12} = ?$

2)  $\eta = ?$

3) График в коорд.  $\frac{P}{P_1} \left( \frac{V}{V_1} \right)$ .

Решение:

$$1) \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \cdot T_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 \cdot 3 = \frac{9}{2} \nu R T_1$$

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

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

$$= C_{12} \cdot T_1 \cdot 3 - \frac{9}{2} \nu R T_1 \Rightarrow A_{12} = 2 \cdot 400 \cdot 3 - \frac{9}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = 2400 - 14958 = -12558 \text{ (Дж)}$$

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

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

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

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

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

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

$$= 800 (2^{\frac{3}{2}} - 2) = 200 (2^{\frac{3}{2}} - 1)$$

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

МФТИ

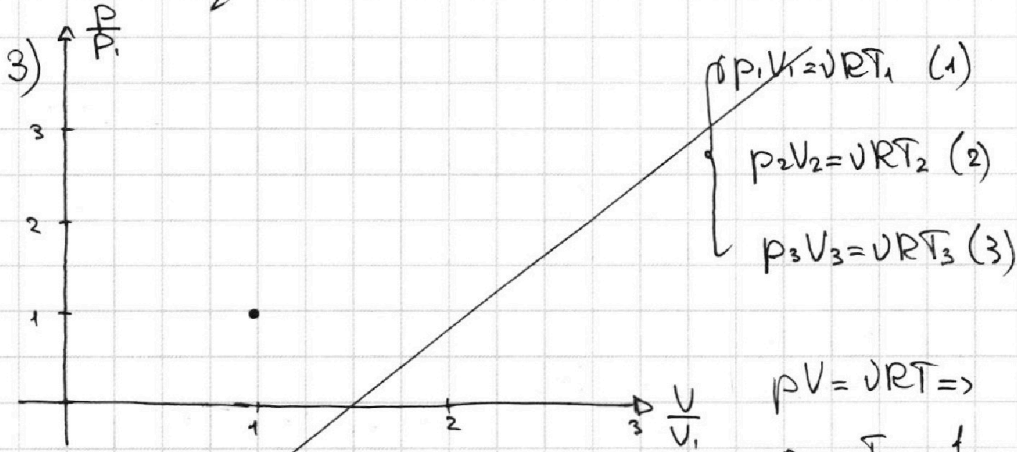
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



24

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

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



$$pV = vRT \Rightarrow$$

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

график - гиперболы.

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

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

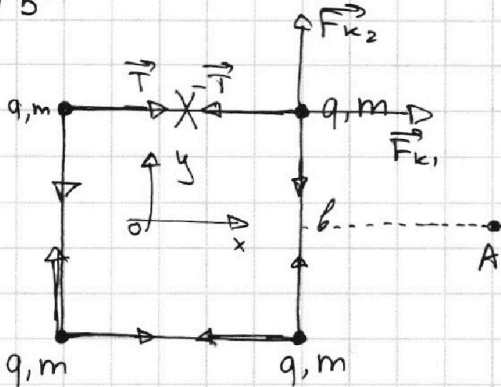
Ответ: 1) -12558 Дж; 2) 14%

(лист 2)

1  2  3  4  5  6  7



№ 5



Дано:  $b, q, m$

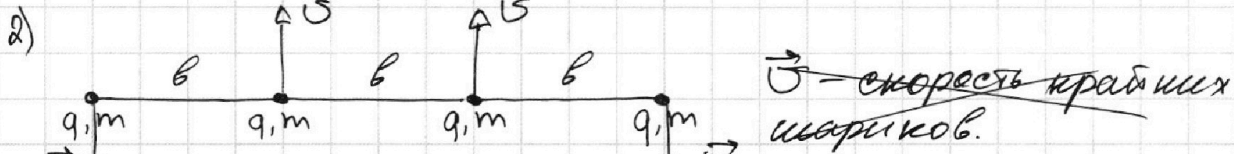
1)  $T = ?$  - сила натяжения нитей

2)  $v = ?$  - любой шарик, когда они находятся на одной прямой.

3)  $d$  - расстояние от верхних до точки старта.

Решение:

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



$W_1 = \frac{kq^2}{b} (1 + 1 + \sqrt{2} + 1 + \sqrt{2} + 1) = \frac{kq^2}{b} (4 + 2\sqrt{2})$  - 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:  $\frac{4 \cdot 2m v^2}{2} + W_2 = W_1$ ,

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

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

будут такими по закону сохранения импульса.

3) Скорости шариков в любой момент времени будут одинаковыми  $\Rightarrow$  в правой верхней шарик расплазается в точке 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)  $v = \sqrt{\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 b m} (\sqrt{2} - \frac{1}{6})}$ ; 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!



$$\left(\frac{t}{g}\right)' = \frac{t'g - g t}{g^2}$$

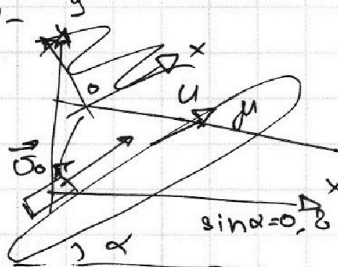
$$p_1 v_1 = \nu R T_1 \quad p_2 v_2 = \nu R T_2 \quad \frac{p_2 \cdot v_2}{p_1 \cdot v_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{4 v_1}{v_2}$$

$$t g = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

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

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

$$\left(\frac{1}{\cos \alpha}\right)' = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{p_2}{p_1} = 2 \frac{v_1}{v_2}$$



$$1) U=0, U_0=4 \text{ m/s}, \mu=\frac{1}{3}, S=1 \text{ m} \quad T=?$$

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

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

$$S = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = U_0^2 \cos^2 \alpha t^2 + U_0^2 \sin^2 \alpha t^2 - 2 U_0 \sin \alpha g t^2 + \frac{g^2 t^4}{4}$$

$$= U_0^2 t^2 + \frac{g^2 t^4}{4} - 2 U_0 \sin \alpha g t^2 \quad \frac{2}{10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\right)} = 0,2$$

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

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

$$ma = F_{\text{TP}} + mg \sin \alpha \quad 1 = 16 T^2 + 25 T^4 - 32 T^3$$

$$1) U=0, U_0=4, \mu=\frac{1}{3}, S=1 \text{ m} \quad T=?$$

$$T=?$$

$$y(t) = 0$$

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

$$x(T) = S$$

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

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

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

$$(2T-1)^2 = 0 \quad T = \frac{1}{2}$$

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

$$10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\right) = \frac{9-5}{15} = \frac{4}{15}$$

$$\frac{4}{10 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

$$10 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{4}{3}$$

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

$$\frac{10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\right)}{2} \cdot T^2 = 0,2$$

$$6 \cdot T^2 = 0,4$$

$$T = \sqrt{\frac{1}{15}}$$

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

$$\frac{400 \cdot 16}{30} = 20,266$$

$$\frac{100}{10} = 10$$

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

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

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

$$1) U=0, U_0=4, \mu=\frac{1}{3}, S=1 \text{ m} \quad T=?$$

$$T=?$$

$$y(t) = 0$$

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

$$x(T) = S$$

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

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

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

$$(2T-1)^2 = 0 \quad T = \frac{1}{2}$$

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

$$10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\right) = \frac{9-5}{15} = \frac{4}{15}$$

$$\frac{4}{10 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

$$10 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{4}{3}$$

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

$$\frac{10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\right)}{2} \cdot T^2 = 0,2$$

$$6 \cdot T^2 = 0,4$$

$$T = \sqrt{\frac{1}{15}}$$

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

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

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

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

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

$$1) U=0, U_0=4, \mu=\frac{1}{3}, S=1 \text{ m} \quad T=?$$

$$T=?$$

$$y(t) = 0$$

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

$$x(T) = S$$

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

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

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

$$(2T-1)^2 = 0 \quad T = \frac{1}{2}$$

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

$$10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\right) = \frac{9-5}{15} = \frac{4}{15}$$

$$\frac{4}{10 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

$$10 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{4}{3}$$

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

$$\frac{10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\right)}{2} \cdot T^2 = 0,2$$

$$6 \cdot T^2 = 0,4$$

$$T = \sqrt{\frac{1}{15}}$$

$$4 \cdot 0,2 - 10 \cdot \left(\frac{0,2}{2}\right)^2 = 0,8 - 5 \cdot 0,02 = 0,8 - 0,1 = 0,7$$

$$ma = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = 0,8 - 0,2 = 0,6$$

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

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

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

$$4t - \frac{10 t^2}{2} = 1$$

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

$$5t^2 - 4t - 1 = 0$$

$$t = 1$$

$$U = U_0 - at$$

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

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

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

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

$$L = \frac{4}{3} - 2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} = 1 \text{ m}$$

$$L = \frac{4}{3} - 2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} = 1 \text{ m}$$

$$L = \frac{4}{3} - 2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} = 1 \text{ m}$$

$$L = \frac{4}{3} - 2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} = 1 \text{ m}$$

$$L = \frac{4}{3} - 2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} = 1 \text{ m}$$

$$L = \frac{4}{3} - 2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} = 1 \text{ m}$$

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!



$$20. \left( \frac{\sin x}{\cos x} \right)' - \frac{16 \cdot 400}{2 \cdot 400} \cdot \frac{1}{(\cos^2 x)'} = 0 \quad (\cos x)' = -\sin x \quad 1, 4, 1$$

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

$$20. \frac{\cos^2 x + \sin^2 x}{\cos^2 x} \rightarrow 4 \cdot \frac{1}{\cos^2 x} + \frac{2 \sin x \cos x}{\cos^3 x} = 0 \quad 2^2 = 128 \quad 1, 5, 1$$

$$\frac{Q_{12}}{T_2 - T_1} = C_{12} \quad \cos x \neq 0 \quad A_{12} = 2 \cdot 400 \cdot 3 - 9 \cdot 2 \cdot 831 \cdot 3 \quad \sqrt{128} = 2^3 \sqrt{2} = 2 \cdot 8 \sqrt{2} \approx 8 \cdot 1, 41$$

$$\Delta U_{12} = \frac{Q}{2} \cdot \text{UR} \cdot T_1 \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = \frac{Q}{2} \cdot 1 \cdot 6, 31 \cdot 400 \cdot 3 \cdot (\sin x)' = -\cos x \cdot 6 \cdot (400 - 9 \cdot 831) = 6 \cdot (400 - 7479)$$

$$(\cos^2 x)' = 2 \cos x \sin x$$

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

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

$$4 \cdot \frac{-\cos^2 x - \sin^2 x}{\cos^2 x} + \frac{2 \sin x}{\cos^3 x} = 0 \quad \frac{9}{2} \cdot 8, 31 \cdot 400 = 2 \cdot 9 \cdot 831$$

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

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1 \Rightarrow \frac{9}{2} \cdot 8, 31 \cdot 400 = \frac{1}{\frac{1}{4} + 1} = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$Q_{12} < 0 \quad p_2 V_2 = p_1 V_1 \Rightarrow \cos x$$

$$\frac{Q_{23}}{T_3 - T_2} = C_{23} \quad 10 \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = \frac{1}{5 \cdot \frac{8}{8}} = \frac{1}{5}$$

$$Q_{23} = C_{23} \cdot \left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \right) \cdot T_1 = 14958 - 2400 + 12555$$

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

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

$$\eta = \frac{Q^+ + Q^-}{|Q^+|} = \frac{2400 - 1600 - 200 \cdot 4}{1600} = \frac{2400 - 800 + 200 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 1000 \cdot 2^{\frac{3}{2}}}{1600}$$

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