

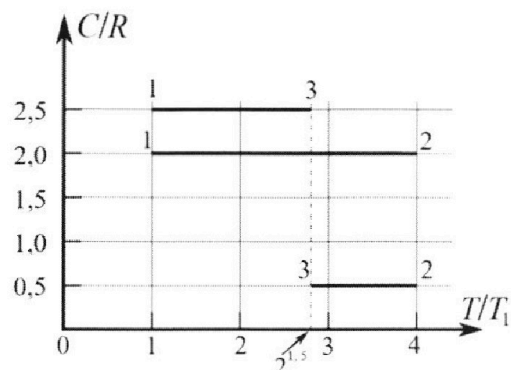
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



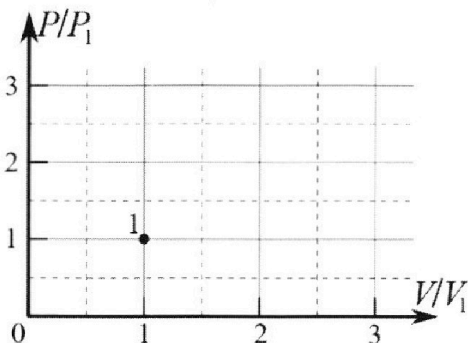
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



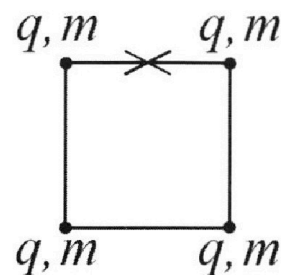
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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

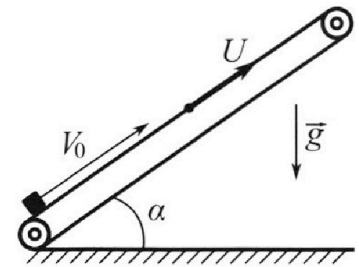
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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?

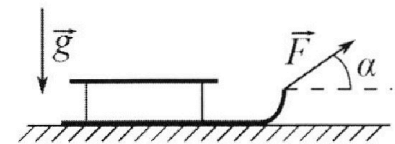
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

- 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.

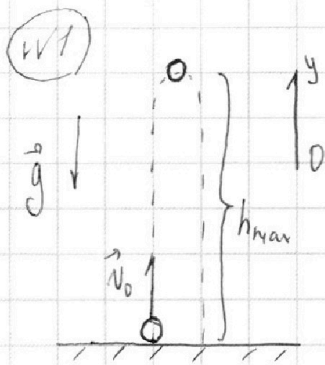
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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



Числовик

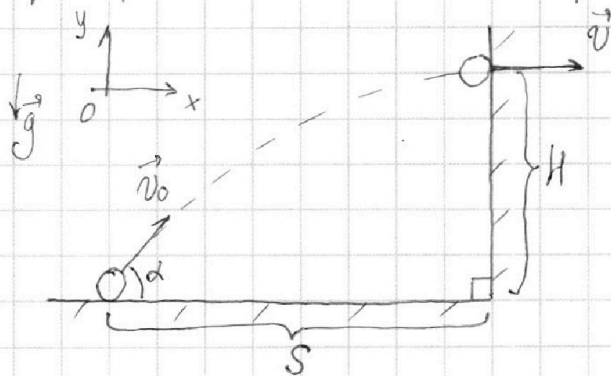
1.) На максимальной высоте подъема скорости мяча равна 0.

$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$0_y: 0 = v_0 - gt \rightarrow v_0 = gt$$

$$v_0 = 10 \cdot 2 = 20 \left(\frac{m}{c}\right)$$

д.) Чтобы высота, на которой мяч ударит-ся о стенку, была максимальной, она должна равняться макс. высоте подъема мяча при броске под данным углом к горизонту (т.е. скорость мяча направлена горизонтально в момент соприкосновения нач. скорости).



$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$0_y: 0 = v_0 \sin \alpha - gt \rightarrow t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

$$0_x: S = v_0 \cos \alpha t$$

$$0_y: H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$S = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} \rightarrow \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{Sg}{v_0^2 / 12}$$

$$\sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha = \frac{S^2 g^2}{v_0^4}; \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha \rightarrow \sin^2 \alpha - \sin^4 \alpha = \frac{S^2 g^2}{v_0^4}$$

$$\text{Пусть } t = \sin^2 \alpha: t^2 - t + \frac{S^2 g^2}{v_0^4} = 0$$

$$t^2 - t + \frac{20^2 \cdot 10^2}{400^2} = 0$$

$$t^2 - t + \frac{100}{400} = 0 \rightarrow t^2 - t + \frac{1}{4} = 0$$

Смп. 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

**МФТИ**

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

$$D = 1 - 4 \cdot 1 \cdot \frac{1}{4} = 0 \quad \text{числовик}$$

$$t = \frac{1+0}{1 \cdot 2} = \frac{1}{2} \rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{1}{2}$$

$$H = \frac{20^2}{2 \cdot 10} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{20^2}{20} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 10(\text{м})$$

Ответ:  $20 \text{ м/с}$ ;  $10 \text{ м}$

Сур. 2.

1  2  3  4  5  6  7

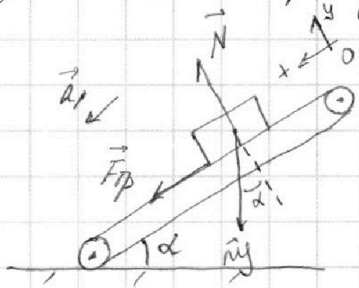
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№d

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

1) Рассм. коробку в 1-ом случае:



ЗЗУ:  $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

Oy:  $N = m g \cos \alpha$

Ox:  $F_{тр} + m g \sin \alpha = m a_1$

$F_{тр} = \mu m g \cos \alpha$

$\mu m g \cos \alpha + m g \sin \alpha = m a_1$

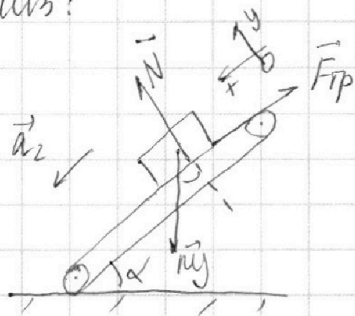
$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \rightarrow a_1 = 10(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8) = 10(\frac{11}{15})$

$S_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} \rightarrow S_1 = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = 0,8(\text{м})$  - путь, который пройдет коробка до остановки

$S_2 = S - S_1 \rightarrow S_2 = 9 \text{ м}$

$v_0 = a_1 t_1 \rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a_1} \rightarrow t_1 = \frac{4}{10} = 0,4(\text{с})$

д) После остановки коробка начнет двигаться вниз:



ЗЗУ:  $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

Ox:  $m g \sin \alpha - F_{тр} = m a_2$

Oy:  $N = m g \cos \alpha$

$F_{тр} = \mu m g \cos \alpha$

$m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha = m a_2$

$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \rightarrow a_2 = 10(0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6) = 6(\frac{11}{15})$

$S_2 = \frac{v^2}{2a_2} \rightarrow v = \sqrt{2a_2 S_2}; v = \sqrt{2 \cdot 6 \cdot 0,9} = \sqrt{10,8} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v = a_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{v}{a_2} \rightarrow t_2 = \frac{\sqrt{10,8}}{6} = \frac{1}{\sqrt{15}}(\text{с})$

$T = t_1 + t_2 \rightarrow T = 0,4 + \frac{1}{\sqrt{15}}(\text{с}) = \frac{4\sqrt{15} + 10}{15 \cdot 10}(\text{с})$

Стр. 3

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

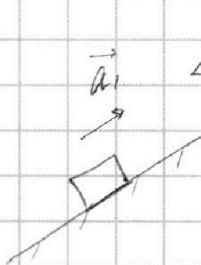
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

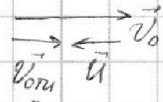
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3.) 80 мины - ИСО → Числовик.  
макар ше, как и в 1-ом опыте.

Пока скорость коробки будет равна  $u$ , она остановится отн. ленты.



$$L_{отн} = \frac{v_{отн}^2}{2a_1}, \quad v_{отн} = v_0 - u$$



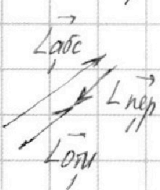
$$v_{отн} = v_0 - u$$

$$v_{отн} = 4 - 2 = 2 \text{ (м/с)}$$

$$L_{отн} = \frac{2^2}{2 \cdot 10} = 0,2 \text{ (м)}, \quad v_{отн} = a_1 t_1 \rightarrow t_1 = \frac{v_{отн}}{a_1}$$

$$L_{отн} = L_{абс} - L_{пер}$$

$$t_1 = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ (с)} \text{ - время, через которое коробка ст. отн. ленте}$$

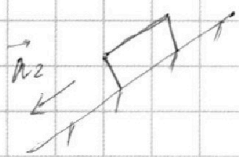


$$L_{отн} = L_{абс} - L_{пер}$$

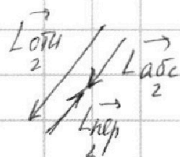
$$L_{абс} = L_1 = L_{отн} + L_{пер} = L_{отн} + u \cdot t_1 = L$$

$$L_1 = 0,2 + 2 \cdot 0,2 = 0,6 \text{ (м)} = L$$

4.) Пока коробка остановится отн. земли, ее скорость отн. ленты равна  $u$  и напр. вверх. (расач. движение отн. остановившейся отн. земли):



$$L_{отн} = \frac{u^2}{2a_2} \rightarrow L_{отн} = \frac{2^2}{2 \cdot 6} = \frac{1}{3} \text{ (м)}$$



$$L_{абс} = L_{отн} - L_{пер}$$

$$L_{абс} = L_{отн} - L_{пер}$$

$$u = a_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{u}{a_2}; \quad t_2 = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ (с)}$$

$$L_{абс} = L_{отн} - u \cdot t_2; \quad L_{абс} = \frac{1}{3} - 2 \cdot \frac{1}{3} = -\frac{1}{3} \text{ (м)} \rightarrow$$

→ коробка поднимется на  $\frac{1}{3}$  м по ленте.

$$L_0 = L_{абс} + |L_{абс}|$$

Анр. 4

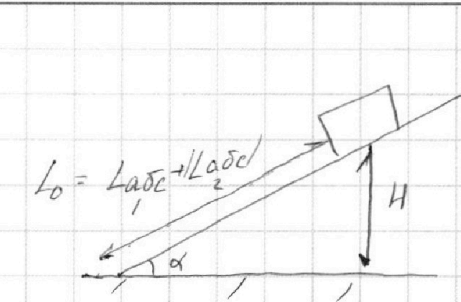
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Условие

$$\frac{H}{L_0} = \sin \alpha$$

$$H = L_0 \cdot \sin \alpha = (L_{01} + L_{02}) \cdot \sin \alpha$$

$$H = \left( \frac{6}{10} + \frac{1}{3} \right) \cdot 0,8 = \frac{28}{30} \cdot 0,8 = \frac{224}{30} \text{ (м)}$$

$$= \frac{224}{300} \text{ (м)}$$

Ответ:  $T = \frac{4\sqrt{15} + 10}{10\sqrt{15}} \text{ (с)}$

$$L = 0,6 \text{ (м)}$$

$$H = \frac{224}{300} \text{ (м)}$$

Сур. 5

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

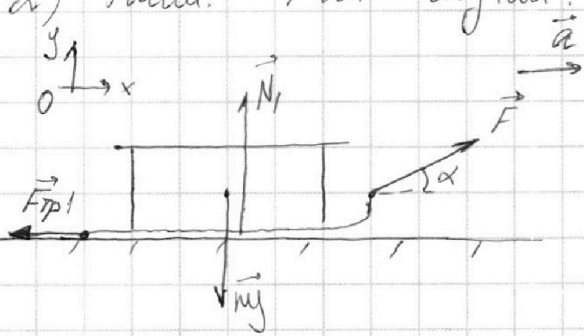
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Условие  
 1) III.к. санки из состояния покоя разогнаны до одинаковой скорости за одно и то же время, но ускорение в обоих случаях равно (следует из  $\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}t \rightarrow v_0 = 0 + at$ )

2) Рассм. 1-ый случай.



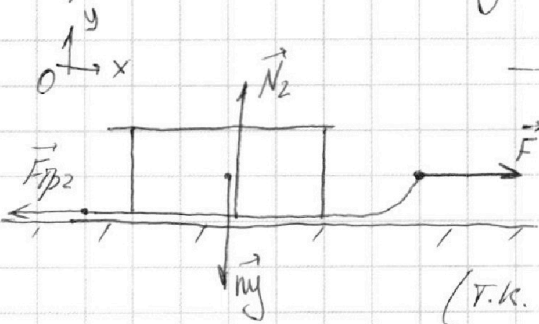
2ЗН:  $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

Ox:  $F \cdot \cos \alpha - F_{тр1} = ma$

Oy:  $N_1 + F \cdot \sin \alpha = mg$

$F_{тр1} = \mu N_1 = \mu mg - \mu F \cdot \sin \alpha$   
 (т.к.  $F_{тр1}$  - сила трения скольжения)

3) Рассм. 2-ой случай:



2ЗН:  $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

Ox:  $F - F_{тр2} = ma$

Oy:  $N_2 = mg$

$F_{тр2} = \mu N_2 = \mu mg$   
 (т.к.  $F_{тр2}$  - сила трения скольжения)

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

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

$F - \mu mg = ma$

$F = ma + \mu mg$  (2)

(1) = (2):  $F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F$

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

4) Рассм. санки после достижения скорости  $v_0$ :

$F = 0$ :

Стр. 10



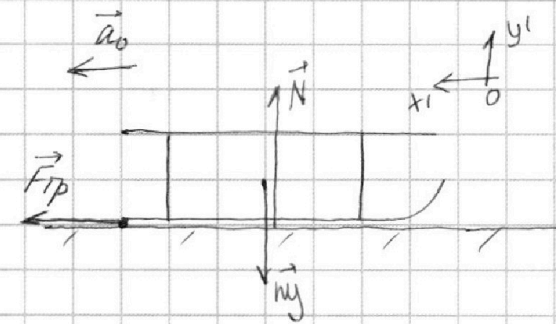
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



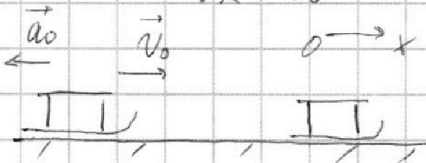
Условие  
ЗВН:  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$$\begin{aligned} O_{y'}: N &= mgy \\ O_{x'}: F_{тр} &= ma_0 \end{aligned}$$

$$F_{тр} = \mu N = \mu mgy$$

$a_0 = \mu gy = \cos \alpha \rightarrow$  берем  $\varphi$ -ну  
равноук. движению

$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$



$$O_x: 0 = v_0 - a_0 T$$

$$T = \frac{v_0}{a_0} = \frac{v_0}{\mu gy}, \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$T = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

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

Ср. 11.

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!

W4

Чистовик  
1) Рассм. процессе 1-2:

$$Q_{12} = c_{12} \nu \Delta T_{12} = A_{12} + \Delta A_{12}$$

$$A_{12} = c_{12} \nu \Delta T_{12} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$A_{12} = \alpha R \nu (4T_1 - T_1) - \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{1}{2} \nu R (4T_1 - T_1) =$$
$$= \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$A_{12} = \frac{3 \cdot 1,4 \cdot 31,4 \cdot 100}{2} = 4956 \text{ (мДж)}$$

$$\alpha) \eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}$$

1-2:  $Q_{12}$  - тепло в действ. передается ( $T \uparrow$ )

2-3:  $Q_{23}$  - тепло в действ. передается ( $T \downarrow$ )

3-1:  $Q_{31}$  - тепло в действ. передается ( $T \downarrow$ )

$$Q_H = Q_{12} = c_{12} \nu \Delta T_{12} = \alpha R \nu \cdot 3T_1 = 6 \nu R T_1$$

$$Q_X = -(Q_{23} + Q_{31}) = -(c_{23} \nu \Delta T_{23} + c_{31} \nu \Delta T_{31}) = -\left(\frac{1}{2} R \nu (4+2T_2) T_1 + \frac{5}{2} R \nu T_1 (1 - \alpha \sqrt{2})\right) = \frac{1}{2} \nu R T_1 (4 - \alpha \sqrt{2}) + \frac{5}{2} \nu R T_1 (\alpha \sqrt{2} - 1) =$$

$$= \nu R T_1 \left(\alpha - \sqrt{2} + 5\sqrt{2} - \frac{5}{2}\right) = \nu R T_1 (4\sqrt{2} - 0,5)$$

$$\eta = \frac{6 \nu R T_1 - \nu R T_1 (4\sqrt{2} - 0,5)}{6 \nu R T_1} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} \approx 0,86 = 86\%$$

б) Все процессы - политропные (с  $C = const$ )

$C_p$  для диатомного газа =  $\frac{i+2}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \rightarrow$   
 $\rightarrow$  процесс 3-1 - изобарный

Известно, что при процессе прямо пропорц.  
зав-и давлении от объема

$$C = \frac{i}{2} R + \frac{R}{2} \rightarrow C = \frac{3}{2} R + \frac{1}{2} R = 2R \rightarrow \text{процесс 1-2 -}$$

процесс прямо  
проп. зав-и  $p(V)$

Стр. 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!



Числовик

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_1 \cdot 4$$

$$P_1 \cdot k = P_2$$

$$V_1 k = V_2 \rightarrow k^2 = 4 \rightarrow k = 2$$

$$P_2 = 2P_1$$

$$V_2 = 2V_1$$

Процесс d-3:  $pV^\gamma = \text{const}$ ,  $n = \frac{C_{23} - C_p}{C_{23} - C_v}$  ( $C_v = \frac{i}{2} \nu R = \frac{3}{2} \nu R$ )

$$n = \frac{0,5 - 2,5}{0,5 - 1,5} = \frac{-2}{-1} = 2$$

$pV^2 = \text{const} \rightarrow p = \frac{\text{const}}{V^2}$  — гиперболическая зав-та

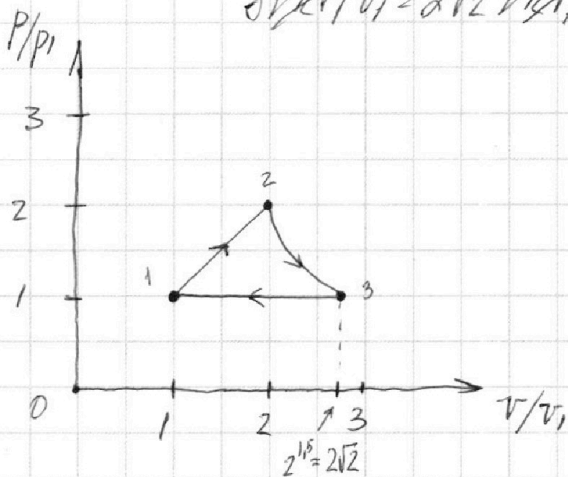
$$P_3 V_3 = \nu R \cdot \alpha \sqrt{2} T_1, \quad p_3 = \frac{\text{const}}{V_3^2}$$

$$P_3 V_3 \cdot \frac{\text{const}}{V_3^2} = \frac{\text{const}}{V_3} = \nu R \alpha \sqrt{2} T_1 \rightarrow \text{const} = \nu R \alpha \sqrt{2} T_1 \cdot V_3$$

$$P_2 = \frac{\text{const}}{V_2^2} = k V_2$$

$$\frac{\text{const}}{V_2} = \nu R 4 T_1 \rightarrow \text{const} = \nu R 4 T_1 V_2 = 8 \nu R T_1 V_1$$

$$8 \nu R T_1 V_1 = \alpha \sqrt{2} \nu R T_1 V_3 \rightarrow V_3 = \frac{8}{\alpha \sqrt{2}} V_1 = \sqrt{2} V_1 = \alpha \sqrt{2} V_1$$



Ответ:

$$A_{12} = 4986 \text{ Дж}$$

$$\eta \approx 86\%$$

Стр. 7

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

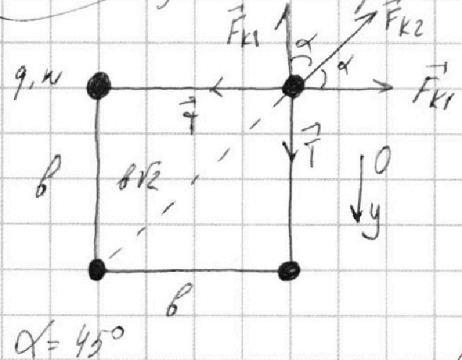
**МФТИ**

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

W5

1.) Рассмотрим

числами  
оги из шариков  
ЗЗУ:  $\sum \vec{F} = 0$

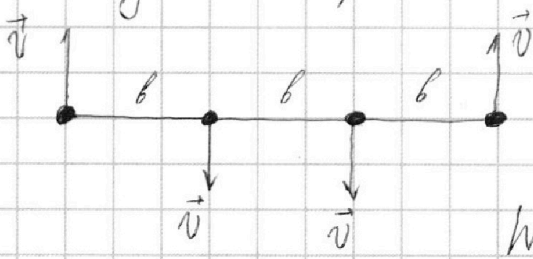


Уг:  $T = F_{k1} + F_{k2} \cdot \cos \alpha$

$F_{k1} = \frac{kq^2}{b^2}$        $F_{k2} = \frac{kq^2}{2b^2}$

$T = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$

2.) Рассмотрим систему 4 шариков. Она замкнута  $\rightarrow$  верны ЗЗУ и ЗЭУ.



Из ЗЗУ получаем, что скорости всех шариков равны.

ЗЭУ:  $W_0 = \frac{4mv^2}{2} + W$

$W_0 = \frac{4kq^2}{b^2} + \frac{2kq^2}{2b^2} = \frac{5kq^2}{b^2}$

$W = \frac{3kq^2}{b^2} + \frac{2kq^2}{2 \cdot 4b^2} + \frac{kq^2}{9b^2} = \frac{(34+9+2)kq^2}{18b^2} = \frac{65kq^2}{18b^2}$

$\frac{4mv^2}{2} = W_0 - W; \quad \frac{4mv^2}{2} = \frac{5kq^2}{b^2} - \frac{65kq^2}{18b^2} = \frac{25kq^2}{18b^2} = 2mv^2$

$v^2 = \frac{25}{36} \cdot \frac{kq^2}{b^2 m} \rightarrow v = \frac{5q}{6b} \sqrt{\frac{k}{m}}$

3.) Система шариков замкнута  $\rightarrow K_{внеш} = 0$

По теореме о движении ц.м.:  $K_{внеш} = M \cdot a_c \rightarrow$

$\rightarrow a_c = 0$  - ц.м. системы покоится или движ. равномерно

В начале система покоится  $\rightarrow$

$\rightarrow v_c = 0 \rightarrow$  ц.м. покоится

Стр. 8

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

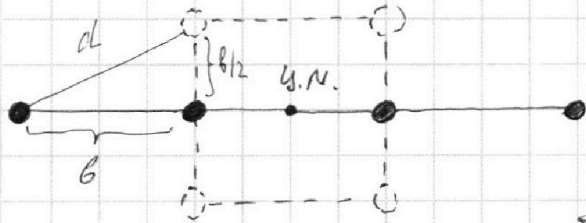
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

Ц.ш. квадрата находим на пересечении  
диагоналей (т.к. массы шариков равны), а  
ц.ш. сферика - на самой сферике  $\Rightarrow$  верхние  
шарики перемещались вниз на расстояние  
 $b/2$ :



По т. Пифагора:

$$d = \sqrt{b^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} =$$
$$= \sqrt{\frac{5}{4}b^2} = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

Ответ:  $T = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$

$$v = \frac{5q\sqrt{k}}{6b\sqrt{m}}$$

$$d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

Стр. 9.



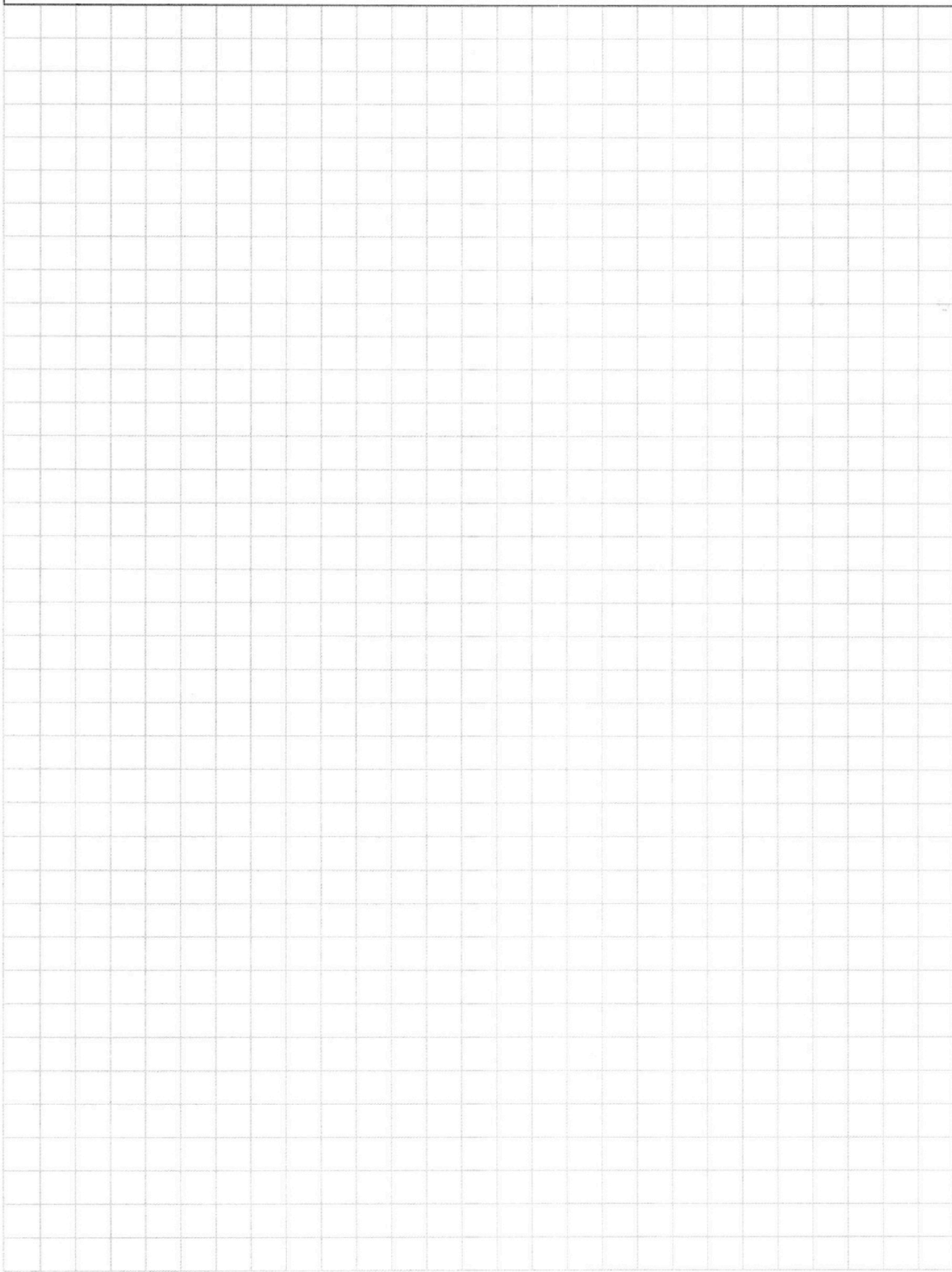
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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



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:

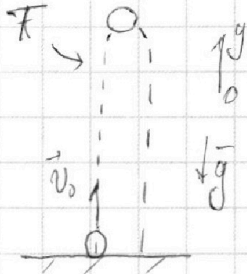
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

МФТИ

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



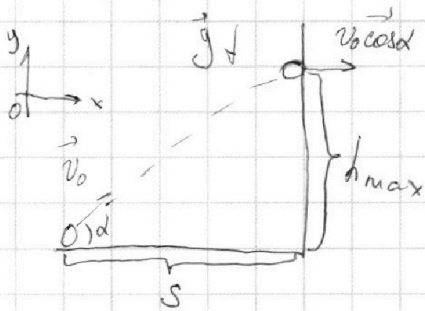
Черновик



$$\vec{v}_x = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$0 = v_0 - gT \rightarrow v_0 = gT$$

$$v_0 = 10 \cdot d = 20 \text{ м/с}$$



$$h_{\max} = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$s = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$t = \frac{s}{v_0 \cos \alpha}$$

$$v_0 \sin \alpha = gt \rightarrow$$

$$t = \frac{s}{v_0 \cos \alpha} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$s g = v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{s g}{v_0^2} = \sin \alpha \cos \alpha \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \rightarrow \frac{s^2 g^2}{v_0^4} = (1 - \cos^2 \alpha) \cos^2 \alpha$$

$$\frac{200}{400} = \frac{1}{4}$$

$$\text{Пусть } t = \cos^2 \alpha \rightarrow t^2 - t + \frac{s^2 g^2}{v_0^4} = 0$$

$$t^2 - t + \frac{200 \cdot 10^2}{20^4} = 0$$

$$t^2 - t + \frac{1}{4} = 0 \rightarrow D = 1 - 4 \cdot \frac{1}{4} = 0 \rightarrow t = \frac{1+0}{2 \cdot 1} = \frac{1}{2} \rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} \rightarrow$$

$$h_{\max} = \frac{10}{2} \cdot \frac{20^2}{2 \cdot \frac{1}{4}} = \frac{10}{2} \cdot d = 10 \text{ (м)}$$

$$\rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

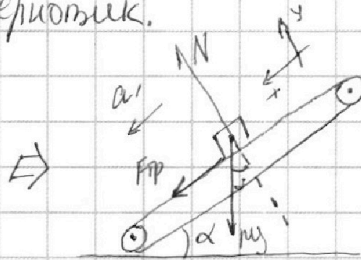
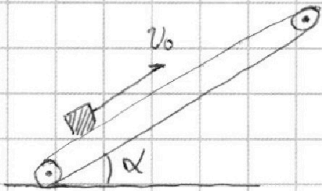
МФТИ

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

2)

Черномышк.

$\cos \alpha = 0,6$



$\frac{0,6}{0,8}$   
 $\frac{1}{3}$   
 $\frac{1}{2}$

$$\begin{cases} N \cdot \cos \alpha = N \\ F_{fp} + N \cdot \sin \alpha = m a_1 \end{cases} \rightarrow F_{fp} = \mu N \cos \alpha$$

$$\mu N \cos \alpha + N \sin \alpha = m a_1$$

$$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$a_1 = 10 \left( \frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right) = 10 = g$$

$$S = v_0 T - \frac{a_1 T^2}{2} \rightarrow 5T^2 - 4T + 1 = 0$$

~~$D = 16 - 4 \cdot 5 \cdot 1 =$~~

$$S_0 = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{16}{2 \cdot 10} = 0,8 \text{ (m)}$$

$v_{\text{rod}} = 0$

$v_{\text{rod}} = 2 \text{ m/c} \rightarrow v_{\text{rod}} = a_1 \cdot t \rightarrow t = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ (c)}$

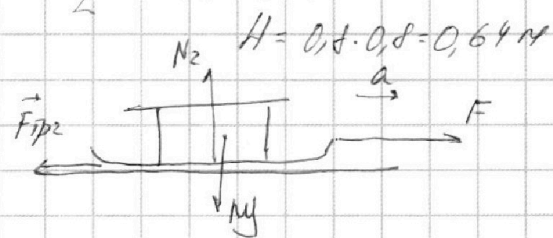
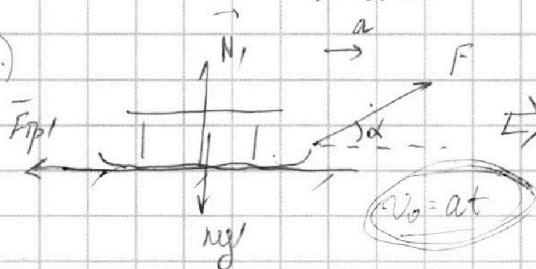
$L = v_{\text{rod}} \cdot t = \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{v_{\text{rod}}^2}{2a_1}$

$L = \frac{2^2}{2 \cdot 10} = 0,2 \text{ (m)} \rightarrow$

$L = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = 0,8 \text{ (m)} \rightarrow \frac{H}{L} = \sin \alpha \rightarrow H = L \cdot \sin \alpha$

$H = 0,2 \cdot 0,8 = 0,16 \text{ m}$

3.)



$$N_1 + F \cdot \sin \alpha = mg$$

$$F \cdot \cos \alpha - F_{fp1} = ma$$

$$F \cdot \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma$$

$$F \cdot \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = ma + \mu mg$$

$$F \cdot \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F \rightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1 \rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$N_2 = mg$$

$$F - F_{fp2} = ma$$

$$F - \mu mg = ma$$

$$F = ma + \mu mg$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

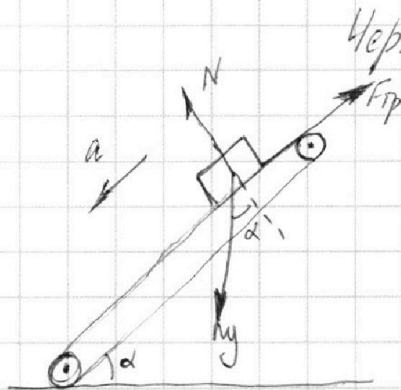
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



2)



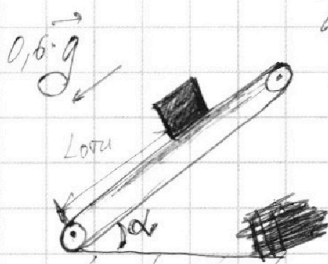
Черновик.

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow$$

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g(0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6) = 0,6g$$

$$S = 0,2 \text{ м} = \frac{at_2^2}{2} \rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{0,6 \cdot 10}} = \sqrt{\frac{2}{3 \cdot 10}} = \sqrt{\frac{2}{30}}$$



$$S_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ (м)}$$

$$v_0 = a_1 t_1 \rightarrow t_1 = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ (с)}$$

$$S_2 = S - S_1 = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ м}$$

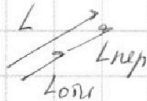
$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} \rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10}} = \sqrt{\frac{4}{100}} = \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{1}{5}$$

$$v = g \gamma \rightarrow \gamma = \frac{d}{10} = 0,2 \text{ (с)}$$

$$L_{отт} = v \gamma - \frac{g \gamma^2}{2} = d \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,04}{2} = 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ (м)}$$

$$L_{осл} = L = L_{отт} + L_{неп} = L_0$$



$$L = 0,2 + 0,4 = 0,6 \text{ (м)}$$

$$\frac{4}{10} + \frac{1}{5} = \frac{4\sqrt{15} + 10}{10\sqrt{15}}$$

$$\sqrt{\frac{2,4}{36}}$$

$$\begin{array}{r} 1 \ 360 \ 2,4 \\ - \ 24 \ 15 \\ \hline 1 \ 20 \\ - \ 120 \\ \hline 120 \end{array}$$



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



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

*Черновик*

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

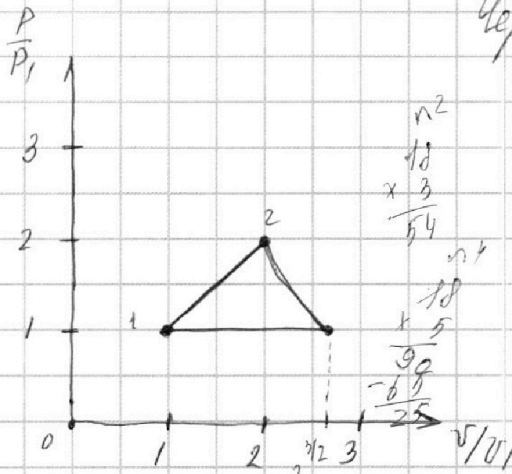
- 1  2  3  4  5  6  7



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



Чертожник.



1-2 - прямо проп.  
2-3 - ???  $\rightarrow \rho v^2 = \text{const}$   
3-1 - изобара

$$P_1 v_1 = \rho v_1^2$$

$$P_2 v_2 = \rho v_2^2 \cdot 4T_1, \quad P_2 = k v_2^2$$

$$P_1 = k v_1^2$$

$$k^2 P_1 v_1 = \rho v_1^4 \rightarrow k = 2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 2, \quad \frac{v_2}{v_1} = 2$$

$$\frac{0.5 - 2.5 - 2}{0.5 - 1.5} = -1 \cdot 2$$

$$\rho v^2 = \text{const}$$

$$P = \text{const} \cdot v^{-2} = k v^{-2}$$

$$\frac{18}{36} \times 2 = 1$$

303:  $W_0 = W + \frac{4m v^2}{2}$

$$\frac{5kg^2}{6^2} = \frac{65kg^2}{186^2} + \frac{4m v^2}{2}$$

$$\frac{25kg^2}{9 \cdot 186^2} = \frac{4m v^2}{2}$$

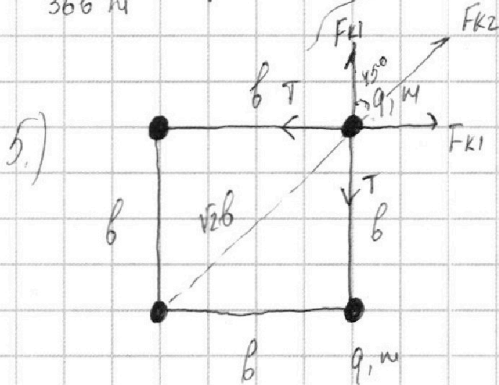
$$v^2 = \frac{25kg^2}{366^2 m} \rightarrow v = \sqrt{\frac{25kg^2}{366^2 m}} = \frac{5g}{66} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$P_3 v_3 = \rho R 2v_2 T_1$$

$$k v_3^2 \cdot \frac{1}{v_3^2} = \rho R 2v_2 T_1$$

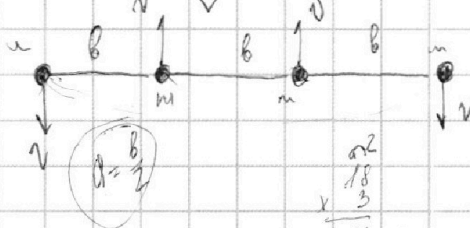
$$\frac{k}{v_3} = \rho R 2v_2 T_1 \rightarrow \frac{k}{v_2} = \rho R 4T_1 = \frac{k}{2v_1}$$

$$v_3 = \frac{4v_1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} v_1$$



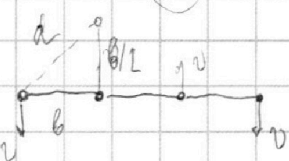
$$F_{k1} + F_{k2} \cdot \cos 45^\circ = T$$

$$T = \frac{kg^2}{b^2} + \frac{kg^2}{16b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kg^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) \approx \frac{1}{2\sqrt{2}} \approx 0.35kg^2$$



$$W_0 = \frac{4kg^2}{b^2} + \frac{2kg^2}{2b^2} = \frac{5kg^2}{b^2}$$

$$W = \frac{3kg^2}{b^2} + \frac{8kg^2}{18b^2} + \frac{kg^2}{9b^2} = \frac{54kg^2 + 9kg^2 + 2kg^2}{186^2} = \frac{65kg^2}{186^2}$$



$$d^2 = b^2 + \frac{b^2}{4} = \frac{5}{4}b^2 \rightarrow d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

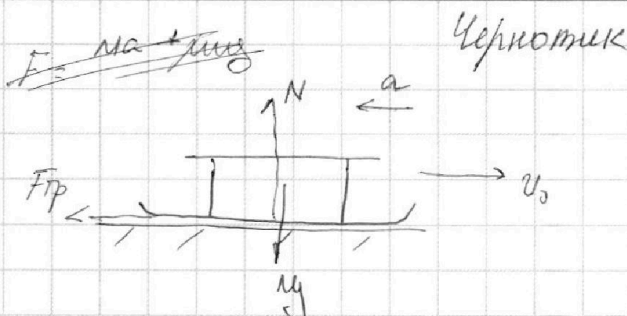
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{sp} = mg \sin \alpha \rightarrow a = g \sin \alpha = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g$$

$$v_0 = aT \rightarrow g = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 600 \\ \hline 4986 \\ \times 1000 \\ \hline 4986,00 \end{array}$$

4.)  $Q = cv\Delta T = A - \Delta U = A - \frac{i}{2} vR\Delta T$

$$\Delta \frac{3}{2} = \Delta \sqrt{2}$$

$$A_R = Q_R - \Delta U_R = cv\Delta T - \frac{i}{2} vR\Delta T = \frac{3}{2} vR(4T_1 - T_1) - \frac{3}{2} vR(4T_1 - T_1) =$$

$$c = \frac{i}{2} R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2} R + \frac{R}{2} = 2R$$

$$= 6vRT_1 - \frac{9}{2} vRT_1 = \frac{3}{2} vRT_1 = \frac{3 \cdot 1,831 \cdot 400}{2} = 4986 \text{ (J)}$$

$$A_{R3} = Q_{R3} - \Delta U_{R3} = cv\Delta T - \frac{i}{2} vR\Delta T = R \frac{1}{2} v(2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) - \frac{3}{2} vR(2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) =$$

$$= (2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) (-vR) = vR(4 - 2\sqrt{2})$$

$$A_{R1} = Q_{R1} - \Delta U_{R1} = cv\Delta T - \frac{i}{2} vR\Delta T = \frac{5}{2} vR(2\sqrt{2}T_1 - T_1) - \frac{3}{2} vR(2\sqrt{2}T_1 - T_1) =$$

$$= vR(2\sqrt{2}T_1 - T_1)$$

$$P_1 v_1 = vR T_1$$

$$P_2 v_2 = vR 4T_1$$

$$P_3 v_3 = vR \cdot 2\sqrt{2}T_1$$

$$pV^n = \text{const}, \quad n = \frac{C - C_p}{C - C_v}; \quad C_p = \frac{1+2}{2} R = \frac{5}{2} R$$

$$C_v = \frac{1}{2} R = \frac{3}{2} R$$

$$\frac{1}{2} R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2} R + \frac{R}{2} = 2R$$

$$n = \frac{\frac{5}{2} R - 2,5R}{2R - 1,5R} = -1$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 1,41 \\ \hline 5,64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 600 \\ \hline 4986 \\ \times 1000 \\ \hline 4986000 \end{array}$$