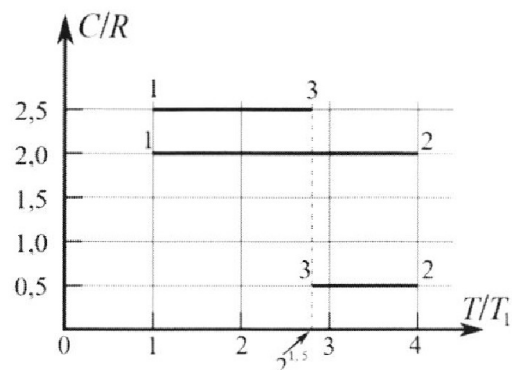


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

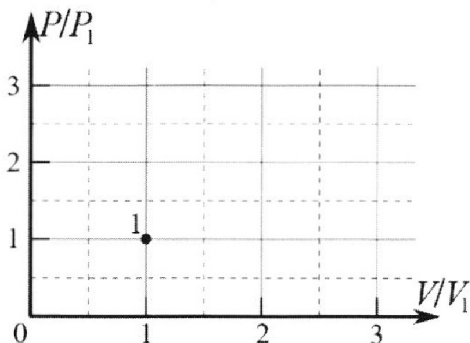
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



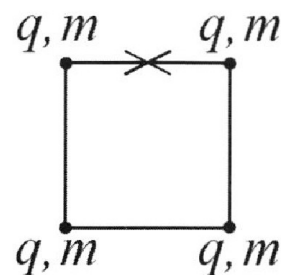
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.

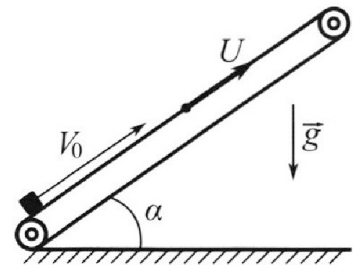
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

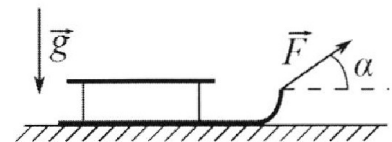
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

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.



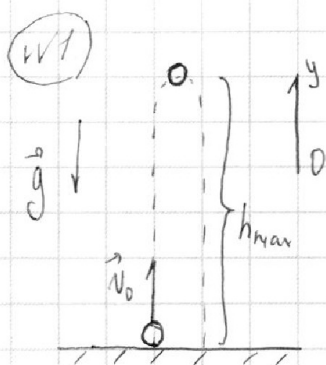
1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

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!



Числовик

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

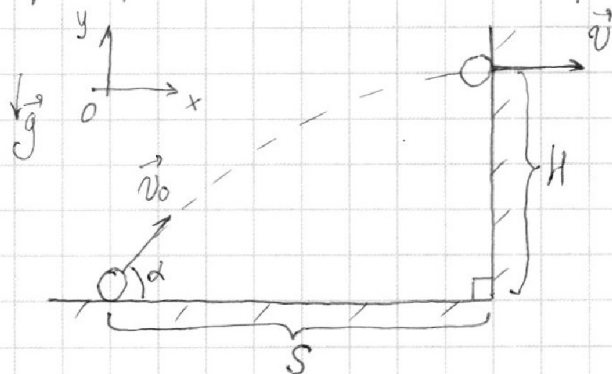
$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

Оу:

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

$$v_0 = 10 \cdot 2 = 20 \left(\frac{м}{с} \right)$$

2.) Чтобы высота, на которой мяч ударится 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 прохождения нач. скорости).



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

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

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

Ох: $S = v_0 \cos \alpha t$

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

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

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

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

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

$$t^2 - t + \frac{20^2 \cdot 10^2}{40^4} = 0$$

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

Смп. 1



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

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

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

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

Ответ: 20 м/с ; 10 м

Сур. 2.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

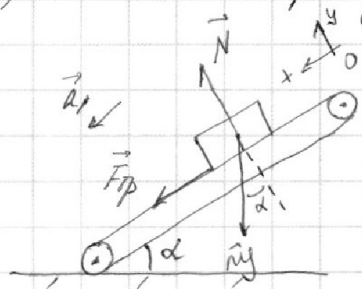
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Ид

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

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

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

$F_{тр} = \mu m g \cos \alpha$

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

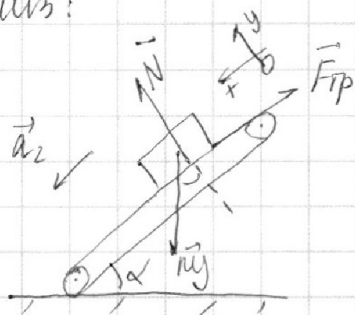
$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \rightarrow a_1 = 10(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8) = 10(\frac{10}{c^2})$

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

$S_2 = S - S_1 \rightarrow S_2 = 9d(N)$

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

а) После остановки коробка начнет двигаться



ЗЗУ: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

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

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

$F_{тр} = \mu m g \cos \alpha$

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

$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \rightarrow a_2 = 10(0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6) = 6(\frac{10}{c^2})$

$S_2 = \frac{v^2}{2a_2} \rightarrow v = \sqrt{2a_2 S_2}; v = \sqrt{2 \cdot 6 \cdot 0,2} = \sqrt{2,4} \frac{10}{c}$

$v = a_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{v}{a_2} \rightarrow t_2 = \frac{\sqrt{2,4}}{6} = \frac{1}{\sqrt{15}}(c)$

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

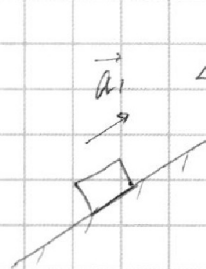
Стр. 3

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.) СО ленты - ИСО → кармашки см в шп
макал шп, как и в 1-ом опыте.

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



$$L_{отн} = \frac{v_{0u}^2}{2a_1}, \quad \vec{v}_{0u} = \vec{v}_0 - \vec{u}$$

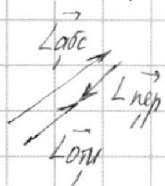
$$v_{0u} = v_0 - u$$

$$v_{0u} = 4 - 2 = 2 \text{ (м/с)}$$

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

$$L_{отн} = L_{абс} - L_{пер}$$

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



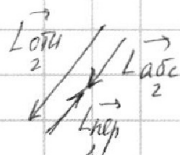
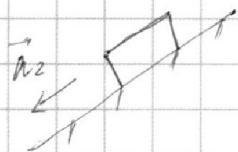
$$L_{отн} = L_{абс} - L_{пер}$$

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

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

4.) Пока коробка остановится отн. земли, ее
скорость отн. ленте равна u и напр. вверх.
(расач. движение см остановки отн. ленте до
остановки отн. земли):

$$L_{отн} = \frac{u^2}{2a_2} \rightarrow L_{отн} = \frac{1^2}{2 \cdot 6} = \frac{1}{12} \text{ (м)}$$



$$L_{абс} = L_{отн} + L_{пер}$$

$$L_{абс} = L_{отн} - L_{пер}$$

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

$$L_{абс} = L_{отн} - u \cdot t_2; \quad L_{абс} = \frac{1}{12} - 1 \cdot \frac{1}{6} = -\frac{1}{12} \text{ (м)} \rightarrow$$

→ коробка поднимется на $\frac{1}{12}$ м по ленте.

$$L_0 = L_{абс} + |L_{абс}|$$

Спр. 4



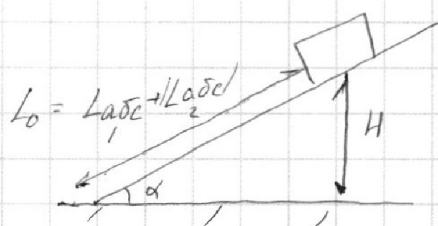
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

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

$$H = L_0 \cdot \sin \alpha = (L_{0dc} + L_{0sc}) \cdot \sin \alpha$$

$$H = \left(\frac{6}{10} + \frac{1}{3} \right) \cdot 0,8 = \frac{28}{30} \cdot 0,8 = \frac{22,4}{30} (\text{м}) =$$

$$= \frac{224}{300} (\text{м})$$

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

$$L = 0,6 (\text{м})$$

$$H = \frac{224}{300} (\text{м})$$

Сир. 5

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

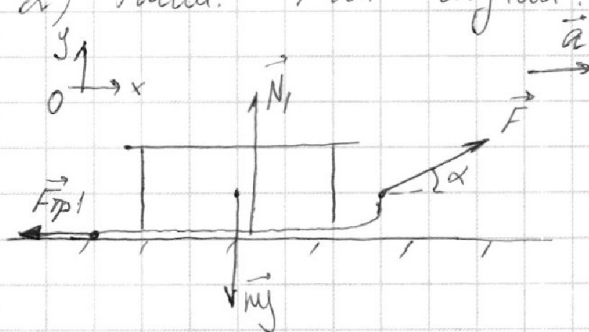
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

УЗ 1) III.к. санки из состояния покоя разогнаны до одинаковой скорости за одно и то же время, то 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.



$$2ZH: \Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

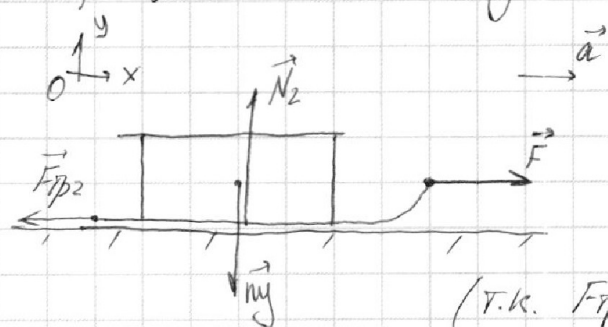
$$Ox: F \cos \alpha - F_{тр1} = ma$$

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

$$F_{тр1} = \mu N_1 = \mu mg - \mu F \sin \alpha$$

(т.к. $F_{тр1}$ — сила трения скольжения)

3) Рассм. 2-ой случай.



$$2ZH: \Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

$$Ox: F - F_{тр2} = ma$$

$$Oy: N_2 = mg$$

$$F_{тр2} = \mu N_2 = \mu mg$$

(т.к. $F_{тр2}$ — сила трения скольжения)

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

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

$$F - \mu mg = ma$$

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

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

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

4) Рассм. санки после достижения скорости v_0 :

$$F = 0:$$

Стр. 10



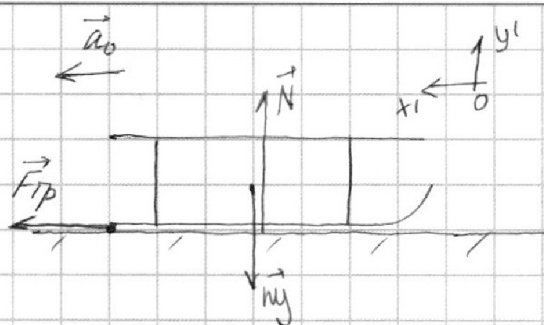
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



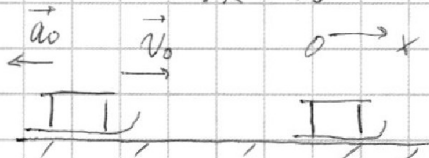
Числовик
ЗВН: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

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

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg$$

$a_0 = \mu g = \cos \alpha \rightarrow$ верны ф-лы
равноиск. движения

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



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

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

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

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

Ср. 11.

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!

W4

Чистовик
1) Рассм. процесс 1-2:

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

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

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

$$= \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$A_{12} = \frac{3 \cdot 1,8 \cdot 31 \cdot 400}{2} = 4986 \text{ (мДж)}$$

$$\alpha) \eta = \frac{Q_{12} - Q_X}{Q_{12}}$$

1-2: Q_{12} - тепло в действ. передается (ТТ)

2-3: Q_{23} - тепло в действ. отдается (ТД)

3-1: Q_{31} - тепло в действ. отдается (ТД)

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

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

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

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

3) Все процессы - политропные (с $C = \text{const}$)

Ср 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 давления 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 $p(V)$
Ср. 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

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

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

$$P_1 \cdot k = P_2$$

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

$$P_2 = 2P_1$$

$$V_2 = 2V_1$$

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

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

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

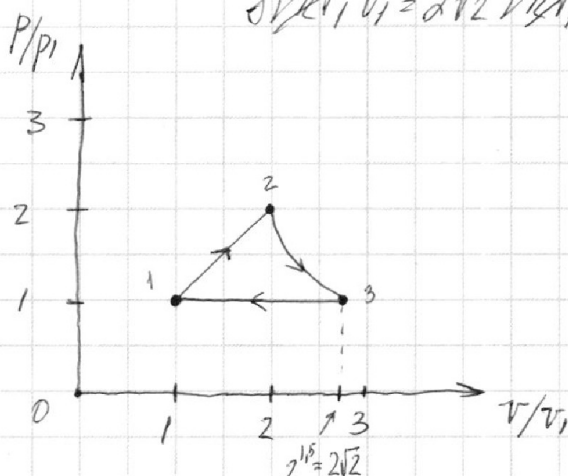
$$P_3 V_3 = \nu R \cdot 2\sqrt{2} T_1, \quad p_3 = \frac{\text{const}}{V_3^2}$$

$$p_3 V_3 \cdot \frac{\text{const}}{V_3^2} = \frac{\text{const}}{V_3} = \nu R 2\sqrt{2} T_1 \rightarrow \text{const} = \nu R 2\sqrt{2} T_1 \cdot V_3$$

$$p_2 = \frac{\text{const}}{V_2^2} = k T_2$$

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

$$8 \nu R T_1 V_1 = 2\sqrt{2} \nu R T_1 V_3 \rightarrow V_3 = \frac{8}{2\sqrt{2}} V_1 = \sqrt{2} V_1 = 2^{1/2} V_1$$



Ответ:

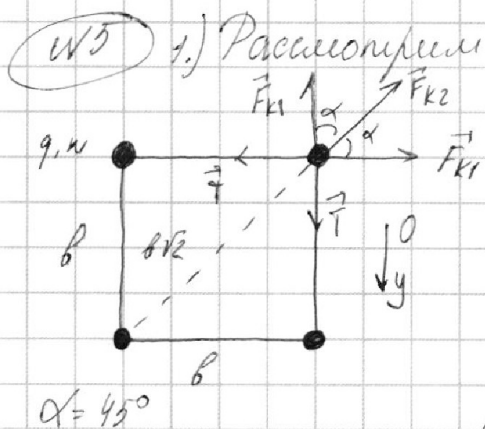
$$A_{12} = 4986 \text{ Дж}$$

$$\eta \approx 86\%$$

Ср. 7

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!



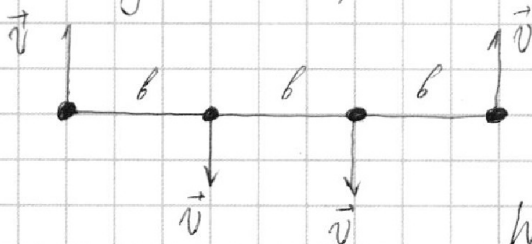
Условие
из шариков
ЗЗМ: $\sum \vec{F} = 0$

$$\text{Дл.}: T = F_{k1} + F_{k2} \cdot \cos \alpha$$

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

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

2.) Рассмотрим систему 4 шариков. Она замкнута $\rightarrow$ верны ЗЗМ и ЗЗЭ.



Из ЗЗМ получаем, что скорости всех шариков равны.

$$\text{ЗЗЭ: } W_0 = \frac{4mv^2}{2} + W$$

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

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

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

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

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

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

$\rightarrow a_c = 0$ — 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.

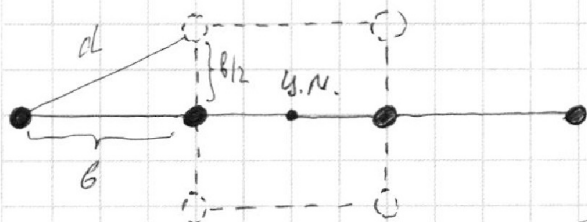
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

Ц.м. квадрата находящимся на пересечении
диагоналей (т.к. массы шариков равны), а
ц.м. сферика - на самой сферике $\Rightarrow$ вершине
шарика перемещались вниз на расстояние
 $b/2$:



По м. 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.



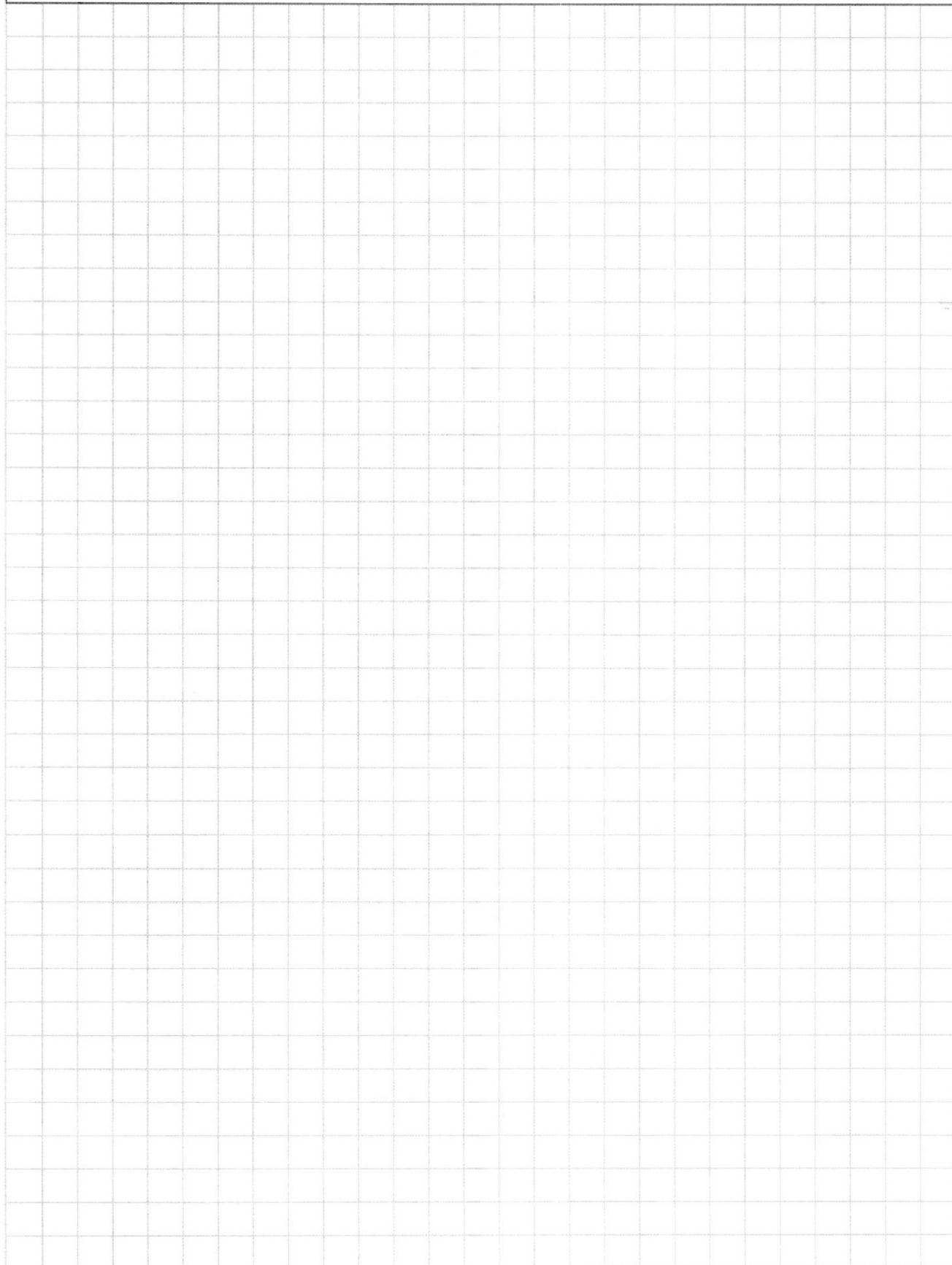
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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:

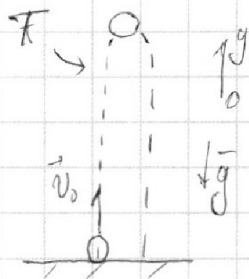
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



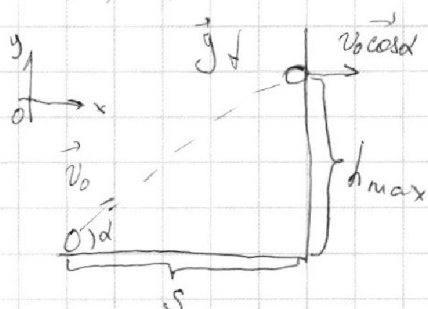
Черновик



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

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

$$v_0 = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$$



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \alpha = 45^\circ$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

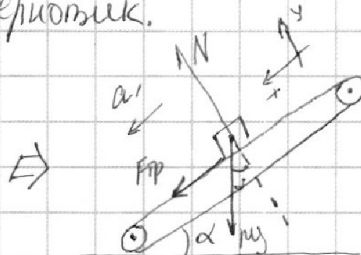
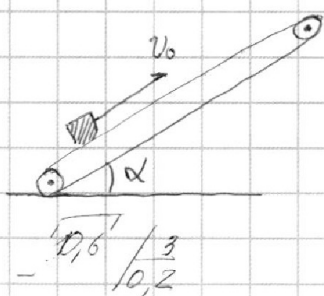
МФТИ

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

2.)

Черновик.

$$\cos \alpha = 0,6$$



$$\begin{cases} N - mg \cos \alpha = 0 \\ F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma_1 \end{cases} \rightarrow F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma_1$$

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

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

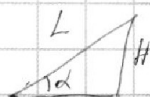
$$S = v_0 T - \frac{a_1 T^2}{2} \rightarrow 5T^2 - 4T + 1 = 0$$

$$\Delta = 16 - 4 \cdot 5 \cdot 1 = -4$$

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

$$v_{\text{кон}} = 0$$

$$v_{\text{кон}} = 0 = 2 \text{ м/с} \rightarrow v_{\text{кон}} = a_1 t \rightarrow t = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ (с)}$$



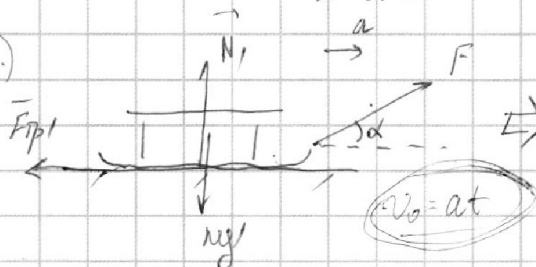
$$L = v_{\text{кон}} t = \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{v_0^2}{2a_1}$$

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

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

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

3.)



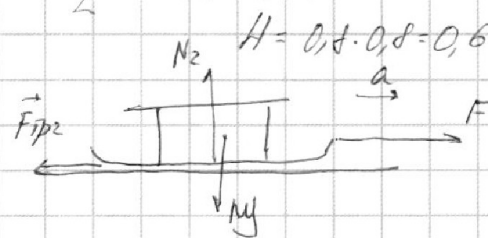
$$N_1 + F \sin \alpha = mg$$

$$F \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = ma$$

$$F \cos \alpha - \mu N_1 + \mu F \sin \alpha = ma$$

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

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



$$N_2 = mg$$

$$F - F_{\text{тр}2} = ma$$

$$F - \mu mg = ma$$

$$F = ma + \mu mg$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

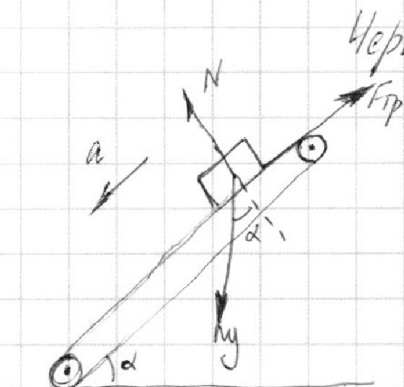
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



2)



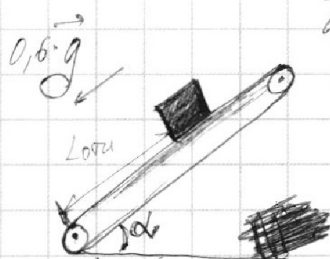
Чернышук.

$$N = m g \cdot \cos \alpha$$

$$m a = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha \Rightarrow$$

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

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



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

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

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

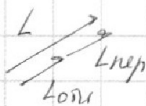
$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} \rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10}} = \sqrt{\frac{4}{100}} = \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{1}{5}$$

$$v = g r \rightarrow r = \frac{v}{g} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ (с)}$$

$$L_{\text{опт}} = v r - \frac{g r^2}{2} = 4 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,4^2}{2} = 0,4 - 0,8 = -0,4 \text{ (м)}$$

$$= 0,4 - 0,8 = -0,4 \text{ (м)}$$

$$L_{\text{асл}} = L = L_{\text{опт}} + L_{\text{нел}} = 0$$



$$L = 0,2 + 4 \cdot r = 0,2 + 4 \cdot 0,4 = 1,8 \text{ (м)}$$

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

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

$$\begin{array}{r} 1 \overline{) 360} \\ \underline{24} \\ 120 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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:

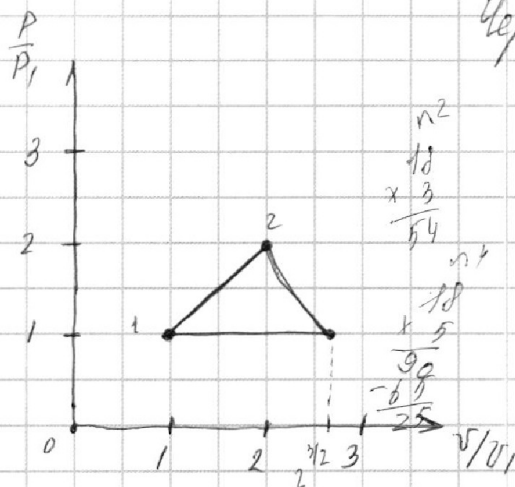
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



Чертежи.



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

3-1 - изобара

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 V_2 = P_1 \cdot 4 V_1, P_2 = 4 P_1$$

$$P_1 = k V_1$$

$$k^2 P_1 V_1 = P_1 4 V_1 \rightarrow k = 2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 2$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 2$$

$$n = \frac{0.5 - 2.5 - 2}{0.5 - 1.5} = -1.2$$

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

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

$$\frac{V_2}{V_1} = 2$$

$$3C3: W_0 = W + \frac{4 m v^2}{2}$$

$$\frac{5 k g^2}{b^2} = \frac{65 k g^2}{18 b^2} + \frac{4 m v^2}{2}$$

$$\frac{25 k g^2}{9 \cdot 18 b^2} = \frac{4 m v^2}{2}$$

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

$$P_3 V_3 = P_2 2 V_2$$

$$k V_3 \cdot \frac{1}{V_3^2} = P_2 2 V_2$$

$$\frac{k}{V_3} = P_2 2 V_2 \rightarrow \frac{k}{V_3} = P_1 4 V_1 = \frac{k}{2 V_1}$$

$$V_3 = 2 V_1$$

$$V_3 = \frac{4 V_1}{\sqrt{2}} = 2 \sqrt{2} V_1$$

$$P_3 = P_1$$

$$F_{k1} = \frac{k g^2}{\varepsilon b^2}$$

$$F_{k2} = \frac{k g^2}{\varepsilon 2 b^2}$$

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

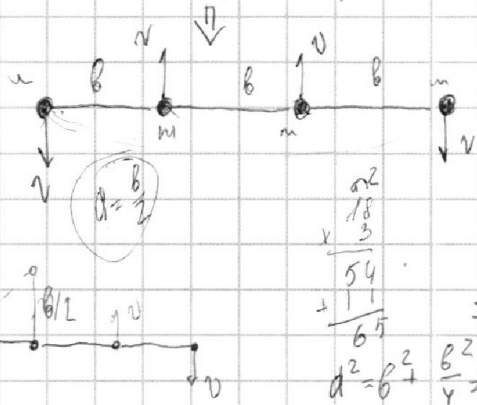
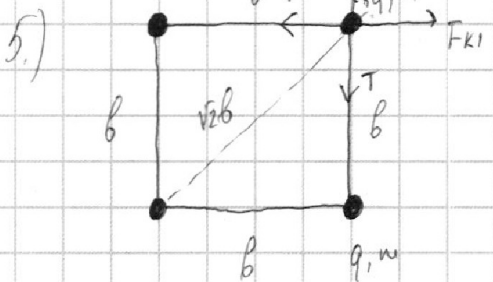
$$T = \frac{k g^2}{b^2} + \frac{k g^2}{2 b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{k g^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right) \approx \left(1 + \frac{1}{2 \sqrt{2}} \right) \approx 0.3 k g^2 / b^2$$

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

$$W = \frac{3 k g^2}{b^2} + \frac{8 k g^2}{18 b^2} + \frac{k g^2}{9 b^2} = \frac{54 k g^2 + 9 k g^2 + 2 k g^2}{18 b^2}$$

$$\frac{65 k g^2}{18 b^2}$$

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



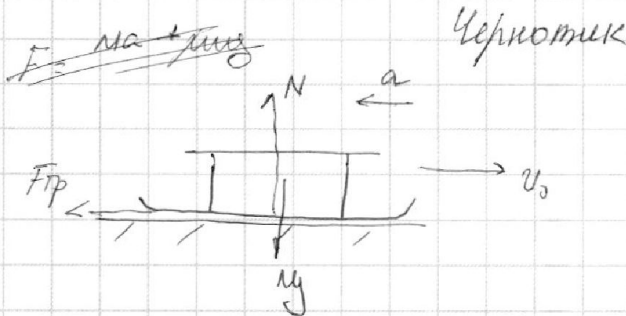
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$N = mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \rightarrow a = \mu g = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g$$

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

4.) $Q = cV\Delta T = A \cdot \Delta U = A + \frac{i}{2} VR\Delta T$

$$\Delta T = \Delta T_1$$

$$A_2 = Q_2 - \Delta U_2 = cV\Delta T - \frac{i}{2} VR\Delta T = \frac{3}{2} VR\Delta T_1 - \frac{3}{2} VR(4T_1 - T_1) =$$

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

$$c = \frac{i}{2} R + \frac{R}{2} = \frac{5}{2} R = 2R$$

$$A_3 = Q_3 - \Delta U_3 = cV\Delta T - \frac{i}{2} VR\Delta T = \frac{5}{2} VR(2\sqrt{2}T_1 - T_1) - \frac{3}{2} VR(2\sqrt{2}T_1 - T_1) =$$

$$= (2\sqrt{2}T_1 - T_1) \cdot VR = VR(2\sqrt{2} - 1)T_1$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = cV\Delta T - \frac{i}{2} VR\Delta T = \frac{5}{2} VR(2\sqrt{2}T_1 - T_1) - \frac{3}{2} VR(2\sqrt{2}T_1 - T_1) =$$

$$P_1 V_1 = VR T_1$$

$$P_2 V_2 = VR 4T_1$$

$$P_3 V_3 = VR \cdot 2\sqrt{2}T_1$$

$$pV^n = \text{const}, \quad n = \frac{C - C_p}{C - C_v}; \quad C_p = \frac{5}{2} R, \quad C_v = \frac{3}{2} R$$

$$\frac{i}{2} R + \frac{R}{2} = \frac{5}{2} R + \frac{R}{2} = 3R$$

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

$$\begin{array}{r} 1,41 \\ \times 4 \\ \hline 5,64 \end{array}$$

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