Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

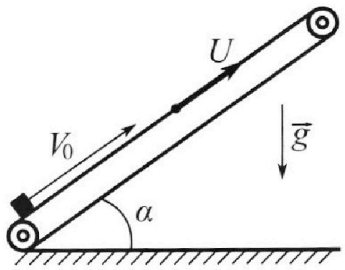
1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

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^2. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивле ние 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.

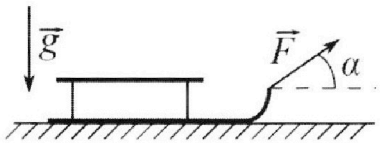
1) За какое время T после старта коробка пройдет *в первом опыте* путь $S = 1$ м?

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/с^2. 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.

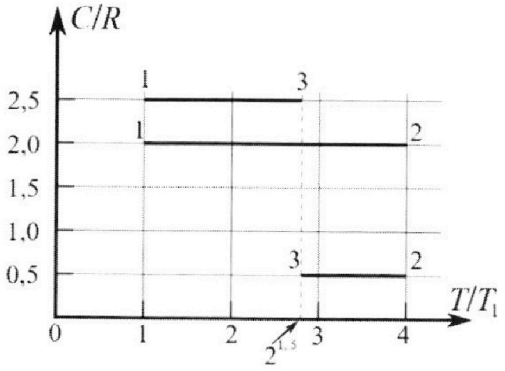
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

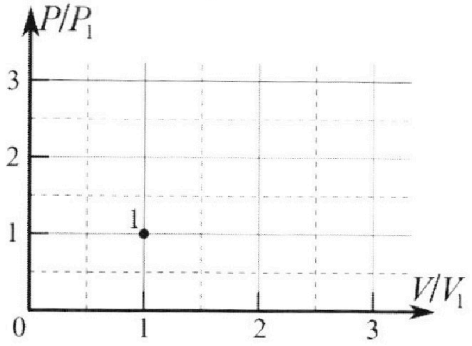
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



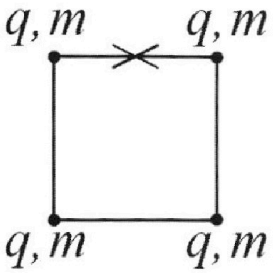
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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 расс тоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

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

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

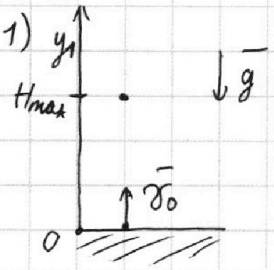
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№1

Дано:
$T = 2c$
$S = 20м$
$v_0 - ?$
$h_{max} - ?$

Решение:

1)

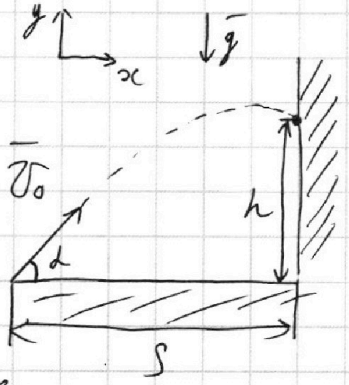


В верхней точке траек-ии ($y = H_{max}$) $v_{y_1} = 0$

$$v_{y_1} = v_0 - gt \Rightarrow v_{y_1}(T) = 0 = v_0 - gT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$$

2)



Пусть мяч бросили под углом α

$$x = v_0 \cos\alpha \, t \qquad y = v_0 \sin\alpha \, t - \frac{gt^2}{2} \quad (1)$$

$$\Downarrow$$

$$t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha} \quad (2)$$

(2) в (1)

$$y = v_0 \sin\alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cos\alpha} - \frac{g \cdot x^2}{2v_0^2 \cdot \cos^2\alpha} = x \cdot tg\alpha - x^2 \cdot \frac{g}{2v_0^2 \cdot \cos^2\alpha}$$

В момент удара о стенку $x = S; y = h$

$$h = S \cdot tg\alpha - \frac{S^2}{S} \cdot \frac{g}{2v_0^2}(1 + tg^2\alpha) = -\frac{S^2 g}{2v_0^2} \cdot tg^2\alpha + S\,tg\alpha - \frac{S^2 g}{2v_0^2}$$

Получили зависимость $h(tg\alpha)$ - квадратичная, $-\frac{S^2 g}{2v_0^2} < 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow h(tg\alpha) \uparrow\uparrow (-\infty; x_в]$ и $\downarrow\downarrow [x_в; +\infty) \Rightarrow h_{max} = h(x_в)$

$$x_в = \frac{-S \cdot v_0^2}{-S^2 g} = \frac{v_0^2}{gS}$$

$$h_{max} = -\frac{S^2 g}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^2}{g^2 S^2} + \frac{S \cdot v_0^2}{gS} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} = -\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} = \frac{20^2}{2 \cdot 10} - \frac{20^2 \cdot 10}{2 \cdot 20^2} = 15м$$

Ответ: $v_0 = 20 м/с, h_{max} = 15м$

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!

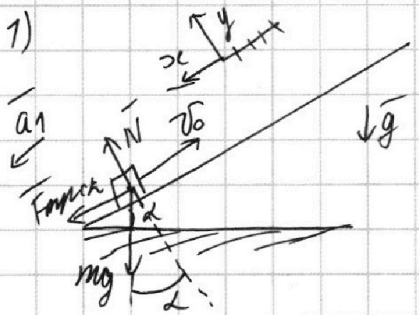
№2

Дано:
$\sin\alpha = 0{,}8$
$v_0 = 4$ м/с
$\mu = \frac{1}{3}$
$S = 1$ м
$u = 2$ м/с

T-?
L-?
H-?

Реш-ие:

1)



ИСО связ. с землёй

Тело дв-ся поступ. и его размеры $\ll$ пройд. пути $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ мат. тчк. $\Rightarrow$ II З.Н.

* $\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1 \Rightarrow \cos\alpha = 0{,}6$

По 2 З.Н.: Oy: $N = mg\cos\alpha$

Ox: $ma_1 = F_{тр.ск} + mg\sin\alpha$ $\Big\} \Rightarrow$

По з-ну Амонт.-Кулона: $F_{тр.ск} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$

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

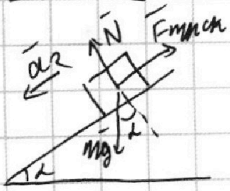
Заметим, что $S_{до\ смены\ напр-ия\ дв.} < S$. При этом $\mu \overset{\text{усл-ие дв-ия по н.у.}}{<} \operatorname{tg}\alpha = \frac{4}{3} \Rightarrow$ $\Rightarrow$ тчк поедет вниз

Пусть $S_{до\ см.\ н.у} = S_1 \Rightarrow S_1 = \frac{v_0^2 - v^2}{2a_1} \overset{v=0}{\Rightarrow} S_1 = \frac{v_0^2}{2a_1}$

Тогда $v_x(t_{под}) = 0 = -v_0 + a_1 t_{под} \Rightarrow$ $\left(= \frac{4^2}{2\cdot 10\left(\frac{1}{3}\cdot 0{,}6 + 0{,}8\right)} < 1\right)$

$\Rightarrow t_{под} = \frac{v_0}{a_1}$

$S = S_1 + S_2 \Rightarrow S_2 = S - S_1$ – дв-ся в направ-ии Ox



$N = mg\cos\alpha$

$ma_2 = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha \Rightarrow a_2 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

$S_2 = \frac{a_2 t_{сп}^2}{2} \Rightarrow t_{сп} = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}}$

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

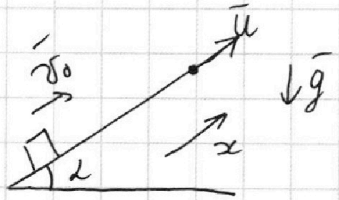
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$T = t_{под} + t_{сп} = \frac{v_0}{a_1} + \sqrt{\frac{2(S-S_1)}{a_2}} = \frac{v_0}{g(\mu\cos\alpha+\sin\alpha)} +$$

$$+\sqrt{\frac{2\left(S-\frac{v_{02}^2}{2g(\mu\cos\alpha+\sin\alpha)}\right)}{g(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)}} = \frac{4}{10\cdot\left(\frac{1}{3}\cdot\frac{3}{5}+\frac{4}{5}\right)} + \sqrt{\frac{2\left(1-\frac{4^2}{2\cdot 10\left(\frac{1}{3}\cdot\frac{3}{5}+\frac{4}{5}\right)}\right)}{10\left(\frac{4}{5}-\frac{1}{3}\cdot\frac{3}{5}\right)}} =$$

$$= 0{,}4 + \sqrt{\frac{\left(1-\frac{4^2}{2\cdot 10}\right)}{5\cdot\frac{3}{5}}} = \sqrt{\frac{1}{15}} + 0{,}4 \text{ с}$$

2)



По ЗСС: $\vec{v}_з = \vec{v}_{отн\,з} + \vec{u}$ (ск-ть тр. отн. земли; ск-ть отн. ленты; ск-ть отн. земли; ск-ть трансп.)

Ox: $v_з = v + u$, $v = 0$

$v_з = u$

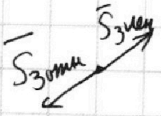
В первом пункте мы нашли, что $t_1 = \frac{v_0}{a_1} = 0{,}4$ с

$S_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = 0{,}8$ м – отн. ленты

$\vec{S}_{отн\,з} = \vec{S}_{отн\,лен} + \vec{S}_{лент} \Rightarrow L = S_1 + ut_1 = 0{,}8 + 2\cdot 0{,}4 = 1{,}6$ м

3) Ск-ть отн. зем. = 0, когда после разворота $\vec{v}_{отн\,лен} = \vec{u} \Rightarrow \frac{u}{a_2} = t_2 \Rightarrow S_{3\,лен} = \frac{u^2}{a_2}$

$S_{3(отн.\,ленты)} = \frac{u^2}{2a_2}$



$S_{3\,зем} = S_{3\,лен} - S_{3\,отн} = \frac{u^2}{a_2} - \frac{u^2}{2a_2} = \frac{u^2}{2a_2} > 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow L_{общ} = L + S_{3\,зем} = L + \frac{u^2}{2a_2} = 2{,}6$ м

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$H = L_{общ} \sin\alpha = \left(L + \frac{u^2}{2 \cdot a_2}\right) \sin\alpha$

$a_2 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = 10\left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\cdot\frac{3}{5}\right) = 6$ } $\Rightarrow$

$\Rightarrow H = \left(1{,}6 + \frac{2^2}{2 \cdot 6}\right) \cdot \frac{4}{5} = \left(\frac{8}{5} + \frac{1}{3}\right) \cdot \frac{4}{5} = \frac{29}{15} \cdot \frac{4}{5} = \frac{116}{75}$ м

Ответ: $T = 0{,}4\pi\sqrt{\frac{1}{15}}$ с $L = 1{,}6$ м $H = \frac{116}{75}$ 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!

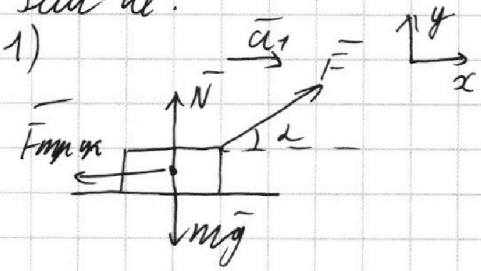
№ 3

Дано: v_0, α

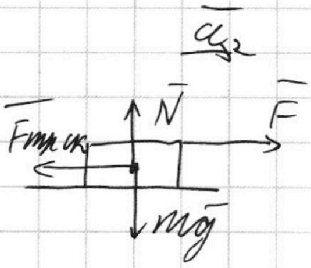
Найти: $\mu - ?$, $T - ?$

Реш-ие:

1)



I



II

Т.к. $t_1 = t_2$, $v_{01} = v_{02} = v_0$, то $a_1 = a_2 = a$

(I) По 2 з.Н.:

$Oy: N = mg - F\sin\alpha$

$Ox: ma = F\cos\alpha - F_{тр.ск} =$

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

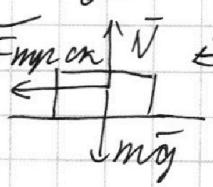
$F\cos\alpha - \mu mg + \mu F\sin\alpha = F - \mu mg$

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

(II) По 2 з.Н.: $(a = \frac{v_0}{t})$

$Oy: N = mg$

$Ox: ma = F - \mu mg$

2) 

По 2 з.Н.: $Oy: N = mg$

$Ox: F_{тр.ск} = \mu mg = ma'$

$a' = \mu g$

$a' = \dfrac{v_0 - v_к}{T}$, $v_к = 0$ $\Rightarrow T = \dfrac{v_0}{a'} = \dfrac{v_0}{\mu g} = \dfrac{v_0 \sin\alpha}{g(1 - \cos\alpha)}$

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

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

№41

Дано:

$T_1 = 400\,K$

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

$A_{12} - ?$

$\eta - ?$

Реш-ие:

1) По I з-ну термод.: $\Delta Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$\nu C_{12} \Delta T_{12} = A_{12} + \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{12}$

$A_{12} = \nu C_{12}(T_2 - T_1) + \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

По гр-ку $\frac{C_{12}}{R} = 2 \Rightarrow C_{12} = 2R$

$\frac{T_2}{T_1} = 4 \Rightarrow T_2 = 4T_1$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow A_{12} = \nu \cdot 2R \cdot 3T_1 + \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 = \left(6 + \frac{9}{2}\right) \nu R T_1 =$

* $i = 3$, т.к. газ одноатомный

$= \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8{,}31 \cdot 400 = 600 \cdot 8{,}31 = 4986$ Дж

2) $\eta = \frac{|A|}{Q_+}$

$Q = \nu C \Delta T > 0$, когда $\Delta T > 0$, с-ся $\Rightarrow$

$\Rightarrow Q_+ = Q_{12}$

$\Rightarrow \eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R T_1}{6 \nu R T_1} =$

$= \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{2 \cdot \gamma_2} = 0{,}25$

3) Участки на гр-ке $\frac{C}{R}\left(\frac{T}{T_1}\right)$ горизонт. $\Rightarrow$

$\Rightarrow C = const$ в каждом пр-ссе $\Rightarrow$ политроп. пр-сс $\Rightarrow$

$\Rightarrow pV^n = const$, где $n = \frac{C - C_p}{C - C_V} = \frac{2C - 5R}{2C - 3R}$

$p_1 V_1^n = p_2 V_2^n$

$p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$

$p_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2}$ $\Rightarrow T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}$

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!

$$n_{12} = \frac{2C_{12} - 5R}{2C_{12} - 3R} = \frac{4R - 5R}{4R - 3R} = -1$$

$$T_1 V_1^{-2} = T_2 V_2^{-2} \Leftrightarrow \frac{T_1}{V_1^2} = \frac{T_2}{V_2^2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 2$$

По ур-ку $\frac{T_2}{T_1} = 4$

$\boxed{V_2 = 2V_1}$

$$p_1 V_1^{-1} = p_2 V_2^{-1} \Leftrightarrow \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Leftrightarrow p_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot p_1 = 2p_1$$

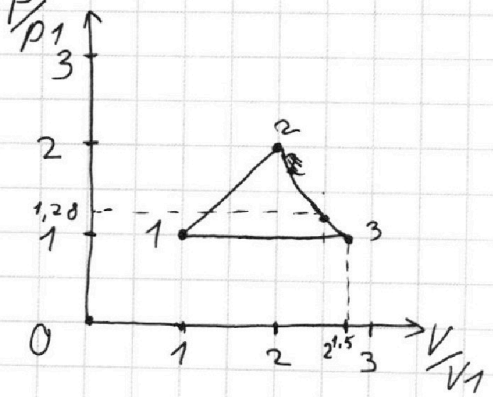
$\boxed{p_2 = 2p_1}$

Аналогично для пр-сса 23: $n_{23} = \frac{2 \cdot 0{,}5 - 5}{2 \cdot 0{,}5 - 3} = \frac{1-5}{1-3} = \frac{-4}{-2} = 2$

$$T_2 V_2^{2-1} = T_3 V_3^{2-1} \Leftrightarrow \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{2^2}{2^{1,5}} = 2^{0,5} = \sqrt{2}$$

$\boxed{V_3 = V_2\sqrt{2}} \Rightarrow V_3 = V_1 2\sqrt{2} = V_1 \cdot 2^{1,5}$

$$p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2 \Rightarrow \frac{p_3}{p_2} = \frac{V_2^2}{V_3^2} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{p_3 = \frac{1}{2} p_2} = p_1$$



С помощью найденных соотн-ий расставила точки на гр-ке.

Теперь найдём эксп-р зав-ти $C_{p1}\left(\frac{V}{V_1}\right)$

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!

Пр-сс 12: $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} = const = \alpha \Rightarrow p = \alpha V$ - прямая пр-ть

Пр-сс 23: $p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2 = \beta \Rightarrow$ ур-к - прямая

$\Rightarrow p = \frac{\beta}{V^2} = \beta V^{-2}$ - степ. ф-ия

$p_2 V_2^2 = \beta = 2p_1 \cdot 4V_1^2 = 8p_1 V_1^2$ $\Rightarrow p = \frac{8p_1 V_1^2}{V^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{p_2'}{p_1} = \frac{8p_1 V_1}{(4V_1)^2} \Rightarrow p_2' = \frac{8}{16} p_1 = \frac{8p_1 V_1}{16 V_1}$

$\Rightarrow \frac{p}{p_1} = \frac{8}{(\frac{V}{V_1})^2}$ Доп. тчк. $\frac{p}{p_1}(2,5) = \frac{8}{2,5^2} = \frac{2^3 \cdot 2^2}{25} =$

$= \frac{2^7}{100} = 1,28$

Пр-сс 31: $n_{31} = \frac{2 \cdot 2,5R - 5R}{2C_{31} - 5R} = 0 \Rightarrow p_1 = p_2$ - изобара

Ответ:

1) $A_{12} = 4986$ Дж
2) $\eta = 0,25$
3) ам. ур.

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

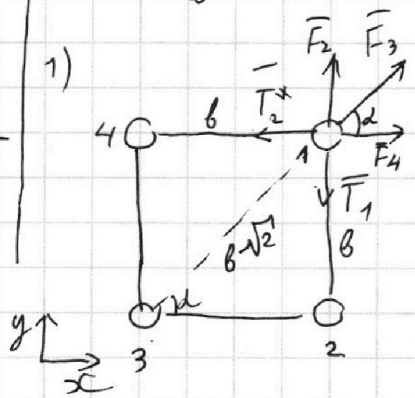
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№5

Дано: q, m, b

$T-?$ $V-?$ $d-?$

Реш-ие:

1) 

В силу симметрии $T_1 = T_2 = T_n = \ldots = T$

ЗСО 2 з.н. для 1 шарика:

$Oy: F_2 + F_{3y} = T$

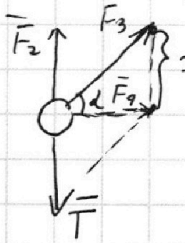
$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{kq^2}{b^2} + \dfrac{kq^2}{(b\sqrt{2})^2}\cdot\sin\alpha = T \\ \alpha = 45^\circ, \text{ т.к. квад-т} \end{array}\right\} \Rightarrow$$

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

2) В момент времени сразу после перерезания нити $a_{цс} = 0 м/с^2$, т.к. v_0 слишком маленькая $\Rightarrow$

$\Rightarrow \bar{v}_0 \uparrow\uparrow \bar{a}_{нач}$ в $t = 0$

Рассм. шарик №1. За промежуток времени



dt T не успеет измен-ся $\Rightarrow \bar{T} = \frac{kq^2}{b^2}\left(1+\frac{\sqrt{2}}{4}\right)$

Суммарное $\bar{F}_{эл} = \bar{F}_2\sqrt{2} + \bar{F}_{3\#}$ $\Rightarrow F_{эл} = F(\sqrt{2} + \frac{1}{2})$

Пусть $\frac{kq^2}{b^2} = F$

Достроим для п/2, чтобы найти направ-ие $\bar{a}_{нач}$: $x = F_{эл}\sin\alpha = F(\sqrt{2} + \frac{1}{2})\cdot\frac{1}{\sqrt{2}} = F\left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) = T \Rightarrow$

$\Rightarrow \bar{a}_{нач}$ гориз $\Rightarrow \bar{v}_0$ гориз

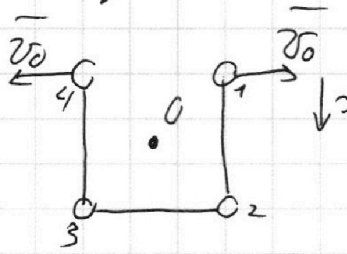
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Аналогично рассуждая для нижних шариков, $\vec{v}_0 \uparrow\uparrow \vec{a}_{тан}$. Но расстановка сил в н.вр. $t=0$ не меняется $\Rightarrow \vec{F}_{пр} = \vec{0} \Rightarrow \vec{v}_0 = \vec{0}$ (равнодействующая)

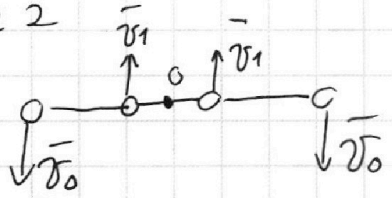
Получаем 

(ск-ти верхних шариков равны по мод. и прот. по напр-ию из-за симметрии)

Перейдём в сист. отсч., связан. с центром масс системы (ЦМ)

$$\vec{v}_{цм} = \frac{m\vec{v}_0 - m\vec{v}_0}{4m} = 0 = const$$ (т.к. система замкнутая)

В ЦМ верхние шарики дв-ся по окр-ям в пл. с пост. ск-тью



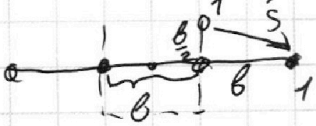
В СО, св. с землёй $\vec{v} = \vec{v}_0$, т.к. $\vec{v}_{цм} = 0$

При по ЗСИ: $\vec{v}_0 = -\vec{v}_1 \Rightarrow$
$\Rightarrow v_0 = v_1$

* $\vec{v}_1$ всегда направ вверх, чтобы нить всегда оставалась натянутой. *

На протяжении всего дв-ия: ЗСИ на Ox $\neq$ $v_{1x} = -v_{2x}$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ В момент, когда они окажутся на одной прямой, тк O $\in$ этой прямой



$$\Rightarrow S = \sqrt{\left(\frac{в}{2}\right)^2 + в^2} = \sqrt{\frac{в^2}{4} + в^2} = \frac{\sqrt{5}}{2} в$$

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!

В момент времени перерезания нити энергия эл-кого вз-ия $-\frac{kq}{b}$ перейдёт в кинетическую (T не успеет совершить работу $+\bar{T} \perp \bar{v} \Rightarrow A_T = 0$)

$\frac{kq}{b} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2kq}{mb}} = v$ (уже доказала, что равна ск-ти, когда шар. на одн. прямой

Ответ:

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

2) $v = \sqrt{\frac{2kq}{mb}}$

3) $S = \frac{\sqrt{5}}{2} b$

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

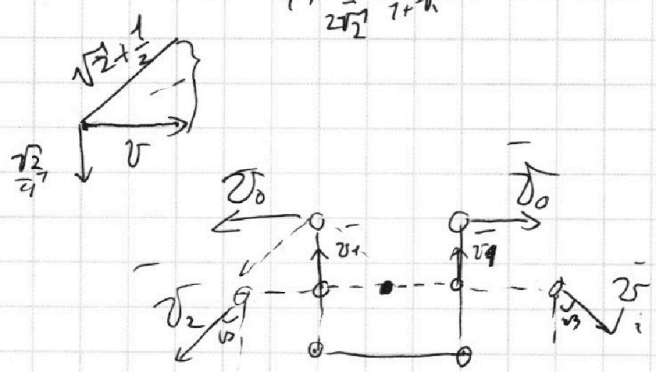
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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

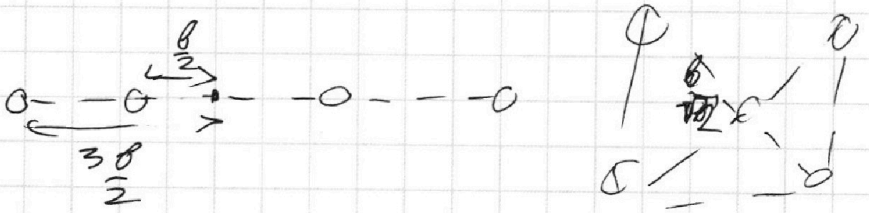
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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



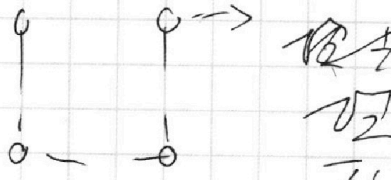
$v_1 = v_2 \cos\beta$



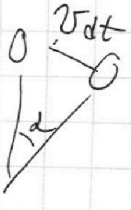
$$m v_0^2 + \frac{\sqrt{2} k q}{b} \cdot 4 = 4 m v_0^2 + 2 \cdot \frac{2kq}{b} + 2 \cdot \frac{2kq}{3b}$$

$$4\sqrt{2}\frac{kq}{b} + \frac{16}{3} =$$

$$\frac{kq}{b} = \frac{m v_0^2}{2}$$



$$\frac{\sqrt{2}}{2} + 1 = ma$$



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!

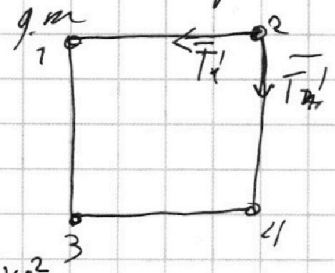
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

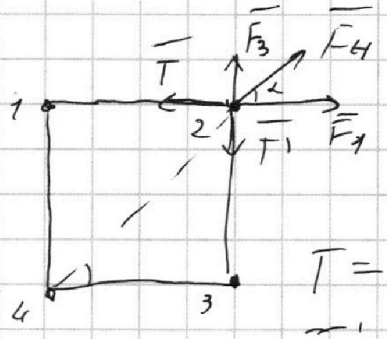
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

2,5·2 - $p_1 = 10$





$\frac{kq^2}{b^2 \cdot 2}$

$T\sqrt{2} = F \cdot \sqrt{2} + \frac{1}{4} F$

$T = F(1 + \frac{\sqrt{2}}{4})$

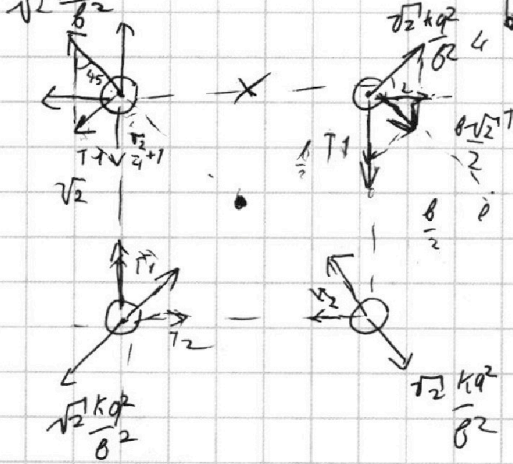
$T = \frac{\sqrt{2}}{2} F_4 + F_1$

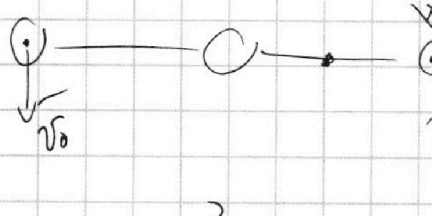
$T' = \frac{\sqrt{2}}{2} F_3 + \frac{\sqrt{2}}{2} F_4$

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

$= \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{b^2}$

$E = \frac{kq}{x}$





$m_4 = \frac{m\bar{a} + m\bar{a}_2}{\bar{a} + \bar{a}_2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2}\right)$

$v_n = v_0 - v_n \downarrow v_0$

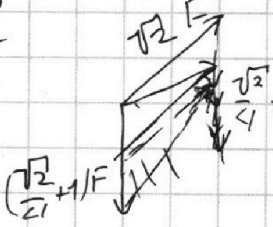
$v_n = \frac{v_0}{2}$

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

$2\frac{m v_0^2}{2} =$

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

$= 2 + \frac{1}{16} + 1 + \frac{\sqrt{2}}{2} + (\sqrt{2} + 1)\frac{\sqrt{2}}{2} = 2 +$



$\sqrt{2} \vee \frac{\sqrt{2}}{4} + 1$

$3\frac{\sqrt{2}}{4} \vee \vee$

$3\sqrt{2} \vee 4$

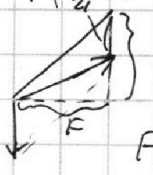
$9 \cdot 2 \vee 16$

$>$

$T = \frac{2\pi b}{2v_0}$

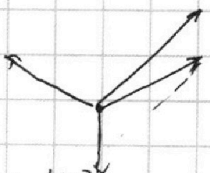
$a = \frac{v^2}{R}$ $\frac{\pi b}{2} =$

$v^2 = b\sqrt{2}\,\frac{T}{4} = \frac{\pi b}{2v_0}$



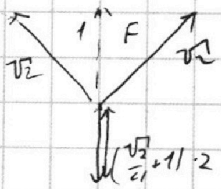
$F - F\left(\frac{\sqrt{2}}{4} + 1\right) =$

$= 1 - 1 -$



$\sqrt{2}\frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{b^2}$

$\frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{b^2}$



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

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

$A_{12} = \frac{i}{2}\nu R\Delta T - \nu C_{12}\Delta T = \frac{3}{2}\nu R\left(4T_1 - \frac{T_1}{4}\right) - \nu \cdot 2R\cdot 3T_1 =$

$= \frac{3}{2}\nu R\,3T_1 - \nu R\,6T_1 = \left(\frac{9}{2} - 6\right)\nu R T_1 =$ $\frac{T}{T_1} = 4$

$\frac{12}{2} - \frac{3}{2}\nu R T_1 =$

$= -\frac{3}{2}\cdot 1\cdot 8{,}31\cdot 200 = -600\cdot 8{,}31 = -2580$ Дж

$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{|A_{12}|}{Q_{12}} =$ -258 Дж

$\nu R 6T_1 - \frac{3}{2}\nu R T_1 \;\; Q_{23}$

$\frac{p_1'}{p_{a1}} = \frac{8p_1V_1^2}{V_1}$ $\quad + \frac{3}{2}\nu R T_1$

$\frac{}{6\nu R T_1} = \frac{3}{12} = 0{,}25 = \frac{1}{4}$ $\quad \frac{831}{6}$ $\quad \frac{831}{4980}$

$p = \frac{8p_1V_1^2}{V}$ $\quad \frac{p}{p_1}$

$p\cdot V = 8$ $\quad p'$

$R_{12} = \frac{2C-5R}{2C-3R} = \frac{4R-5R}{4R-3R} = -1$ $\quad \frac{p}{p_1} = \frac{8}{\left(\frac{V}{V_1}\right)^2}$

$T_1\cdot V_1^{-2} = T_2 V_2^{-2}$

$\sqrt{2}\,V_2 = \frac{T_1}{V_1^2} = \frac{T_2}{V_2^2}$ $\quad V_2 = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}V_1^2} = \sqrt{2}V_1$

$= 2\cdot T_2 V_1 = 2^{1,5}$

$p_1V_1 = \nu R T_1$

$p_2V_2 = \nu R T_2$ $\quad p_3 = p_2V_2^2 = p_1\cdot 8\cdot 4V_1 = 8p_1V_1$ $\quad \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_2}{T_3} = 2^6 = 6$

$\frac{p_1}{p_2}\cdot\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ $\quad 8\;\; p = \frac{8}{V^2} = \frac{2^3}{2^3}$ $\quad \frac{2^3}{(2{,}5)^2} = \frac{2^{3,2}}{25} = \frac{25}{25} = \frac{2^{7}}{100} = 1{,}28$

$\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4}$ $\quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{2}$ $\quad p_2 = 2p_1$ $\quad \frac{C}{12} = 0{,}5$

$n_{23} = \frac{2\cdot 0{,}5 - 5}{2\cdot 0{,}5 - 3} = \frac{1-5}{1-3} = \frac{-4}{-2} = 2$

$\frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-4}{-2} = 2$

$p_1V_1^2 = p_2V_2^2$

$p_1V_1 = \nu R T_1$ $\quad p_2V_2 = \nu R T_2$

$T_2V_2 = T_3V_3$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

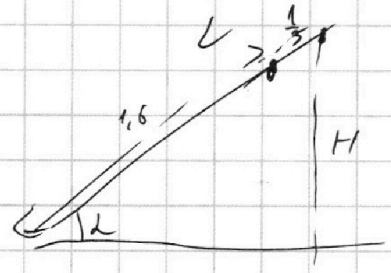
МФТИ

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

$=$

$L = S_1 + S_2$ $\quad h = \frac{2C-5R}{2C-3R} = h = \frac{C-\frac{5}{2}R}{C-\frac{3}{2}R} =$

$t = 0{,}8 + 0{,}4 \cdot 2 = 1{,}6$ ч



$T_1 \cdot V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}$

$x = 6 \cdot t$

$t = \frac{1}{3}$

$pV^{n-1} =$

$S_1 = \frac{2^2}{2 \cdot 6} = \frac{4^2}{2 \cdot 6_3} = \frac{1}{3}$ $\quad = \nu R T_2 \cdot V_2^{n-1}$

$S_2 = \frac{1}{3} \cdot 2 = \frac{2}{3}$

$L = \frac{1}{3}$

$p_1 V_1^n = p_2 V_2^n$

$H = \frac{\text{Lов}}{\sin\alpha} = \frac{1{,}6 + \frac{1}{3}}{0{,}8} = \frac{\frac{8}{5} + \frac{1}{3}}{\frac{4}{5}} = \frac{29}{3} \cdot \frac{5}{4} = \frac{29}{12}$

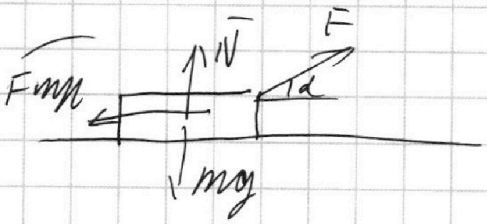
$p_1 V_1 = \nu R T_1$ $\quad p_2 V_2 = \nu R T_2$

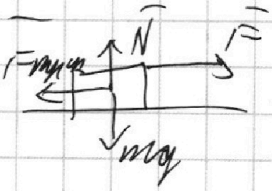
$\frac{4}{6} = \frac{2}{3}$

29
4
116

$\nu C_v T = A_{12} + \frac{i}{2} \nu R_0 T$

$A_{12} = \nu C_v T - \frac{i}{2} \nu R T$





νC_1

νC_1

$N + F\sin\alpha = mg$

$N = mg - F\sin\alpha$

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

$ma = F - \mu mg$

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

$1e-9=3$

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

8 31
× 42
16 62
25 24
26902

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!

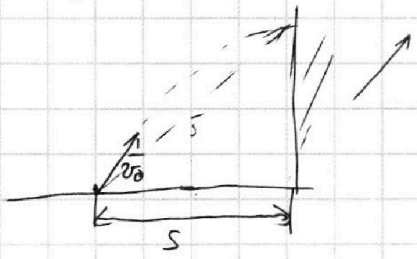
$v_x = v_0 - gt$

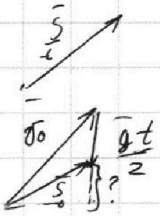
$v_0 = gt$ 20 м/с

$y = x\operatorname{tg}\alpha - \frac{v_0^2 \sin\alpha g x^2}{v_0^2 \cos^2\alpha}$; $x = v_0 \cos\alpha \cdot t$

$\bar{S} = \bar{v_0} t + \frac{\bar{g} t^2}{2}$

$\bar{S} = \bar{v_0} + \frac{\bar{g} t}{2}$





$y = S\operatorname{tg}\alpha - \frac{S^2}{v_0^2}(1+\operatorname{tg}^2\alpha)$

$y = S\operatorname{tg}\alpha - \frac{S^2}{v_0^2}\operatorname{tg}^2\alpha + S\operatorname{tg}\alpha - \frac{S^2}{v_0^2}$

$x_0 = \frac{-S \cdot v_0^2}{-2S^2} = \frac{v_0^2}{2S}$

$y = -\frac{S^2}{v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{4S^2} + \frac{S v_0^2}{2S} - \frac{S^2}{v_0^2}$

$y = -\frac{v_0^2}{4S^2} - \frac{S^2}{v_0^2} + \frac{v_0^2}{2} =$

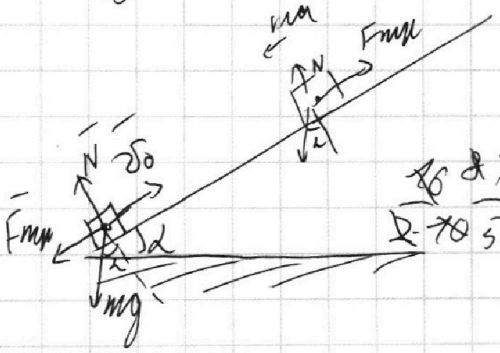
$= \frac{-20^2}{4 \cdot 20^2} - \frac{20^2}{20^2} + \frac{20^2}{2} =$

$= -\frac{1}{4} - 1 + 200 = 200 - 1{,}25 =$

200

298,75

$\frac{20^2}{20} - 5 = 20 - 5$



$\frac{16}{D=10}$ & $\frac{4}{5}$ $\frac{1}{5}$

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

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

$a = 10\left(\frac{1}{8} \cdot \frac{8}{5} + \frac{4}{5}\right) = 10$

$\frac{at^2}{2} - v_0 t + S = 0$

$5t^2 - 4t + 1 = 0$ 16

$t =$ $S_1 = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} = 0{,}8$ м

4 5 3

$\operatorname{tg}\alpha =$ $v = v_0 - at$ $t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0{,}4$

$\mu = \operatorname{tg}\alpha$ $\frac{4}{3}$ $ma = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$

$t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{1}{15}} + 0{,}4$ $a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = 10\left(\frac{4}{5} - \frac{1}{5}\right) = 6$ м/с²

$S_2 = S - S_1 = 0{,}2$ м

$S_2 = \frac{at_2^2}{2}$ $t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{1}{5}}{6}} = \sqrt{\frac{1}{15}}$