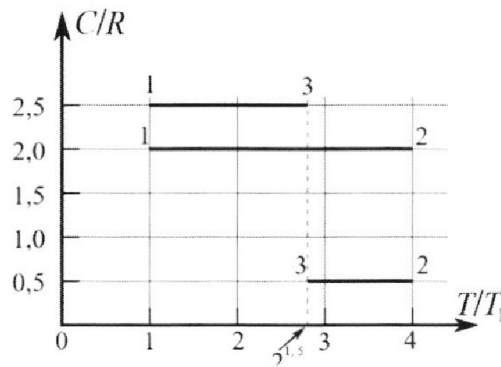


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

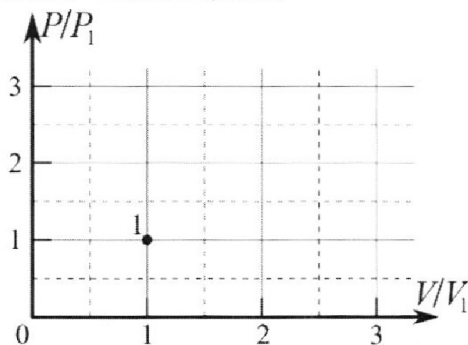
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



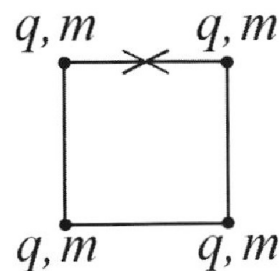
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.

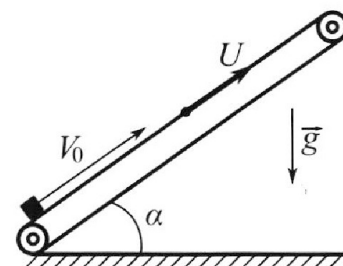
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

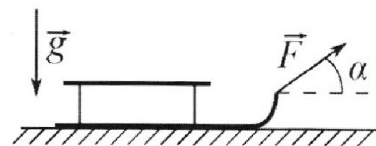
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.



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

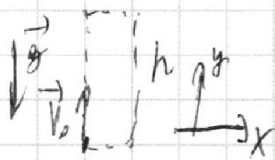
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

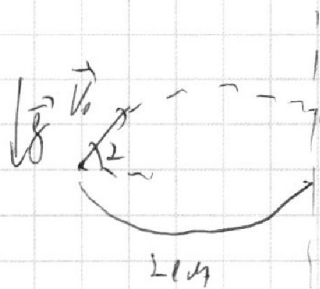
Задача №1



$$O_y: V(t) = V_0 - g \cdot t$$

$$h_{\max} \Rightarrow V_{\text{на высоте}} = 0 \Rightarrow V(t) \big|_{t=2} = V_0 - 2g = 0 \Rightarrow$$

$$V_0 = 2g = 20 \text{ м/с}^2$$



$$O_x: V_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t_{\text{max}} = S$$

$$O_y: h = V_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t_{\text{max}} - \frac{g \cdot t_{\text{max}}^2}{2} \Rightarrow$$

$$t_{\text{max}} = \frac{S}{V_0 \cdot \cos(\alpha)} \Rightarrow h = V_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{S}{V_0 \cdot \cos(\alpha)} - \frac{g \cdot S^2}{2 \cdot V_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)} =$$

$$= S \cdot \tan(\alpha) - \frac{g \cdot S^2}{2 \cdot V_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)} = 20 \cdot \tan(42^\circ) - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2 \cdot \cos^2(42^\circ)} =$$

$$= 20 \tan(42^\circ) - \frac{5}{\cos^2(42^\circ)} = 5 \cdot \left(4 \tan(42^\circ) - \frac{1}{\cos^2(42^\circ)} \right) - \text{минимум}$$

минимум достигается при $\alpha = 45^\circ$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad | : \cos^2 \alpha \Rightarrow \tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow$$

$$h = 5 \left(4 \tan(42^\circ) - \frac{1}{\cos^2(42^\circ)} \right) = 5 \cdot (4 \tan(42^\circ) - \tan^2(42^\circ) - 1) \Rightarrow$$

$$+ t(t) = 4t - t^2 - 1; \quad t_0 = 1; \quad f(t_0) = 8 - 4 - 1 = 3$$

$$\text{при } \tan(42^\circ) = 2 \text{ достигнута максимальная высота} \Rightarrow h_{\text{max}} = 5 \cdot (8 - 4 - 1) = 15 \text{ м.}$$

Ответ: 1. $V_0 = 20 \text{ м/с}$.

2. $h_{\max} = 15 \text{ м}$.

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

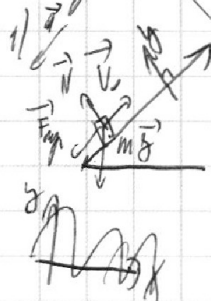
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача №2



$$\vec{F}_{\text{нрп}} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$O_x: -F_{\text{нрп}} - mg \cdot \sin(\alpha) = -ma$$

$$O_y: N - mg \cdot \cos(\alpha) = 0$$

$$\Rightarrow N = mg \cdot \cos(\alpha) ; \Rightarrow$$

$$F_{\text{нрп}} = \mu \cdot N = \mu \cdot mg \cdot \cos(\alpha)$$

$$a = F_{\text{нрп}} + mg \cdot \sin(\alpha) = \mu mg \cdot \cos(\alpha) + mg \cdot \sin(\alpha) \Rightarrow$$

$$a = \mu \cdot g \cdot \cos(\alpha) + g \cdot \sin(\alpha) = \frac{1}{8} \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} + 10 \cdot \frac{4}{4} = 10 \text{ м/с}^2$$

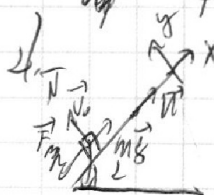
$$\cos(\alpha) = \sqrt{1 - \sin^2(\alpha)} = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$V_0 = 0 \Rightarrow O_x: 2 \cdot a_x \cdot S = V_x^2 - V_{0x}^2 \Rightarrow 2 \cdot (-a) \cdot S = 0 - V_0^2 \Rightarrow$$

$$S_1 = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} \text{ м}; S_0 = 1 \text{ м} \Rightarrow \text{шарик проедет еще } \frac{1}{5} \text{ м.}$$

$$S_2 = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{1}{5}}{10}} = \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{1}{5} \text{ с.}$$

$$V_0 - g \cdot t_1 = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{V_0}{g} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5} \Rightarrow t_0 \leq t_1 + t_2 = \frac{3}{5} \text{ с.}$$



и считаем относительно системы отсчета Корнберг.
Поскольку нам нужно найти время, за которое

$$V_{\text{нрп/Корб}} = v - L = 0. \text{ Аналогично найдем } t$$

$$a_x = -10 \text{ м/с}^2 \Rightarrow V(t) = V_{\text{нрп-Корб}} - at$$

$$V_{\text{нрп/Корб}} = 4 - 2 = 2 \Rightarrow 2 - at = 0 \Rightarrow t = \frac{2}{a} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} \text{ с.}$$

$$h_{\text{нрп/Корб}} = V_{\text{нрп/Корб}} \cdot t - \frac{at^2}{2} = 2 \cdot \frac{1}{5} - \frac{10}{2} \cdot \frac{1}{25} = \frac{1}{5} \text{ м} \Rightarrow$$

$$v_0 = V \cdot t + h_{\text{нрп/Корб}} = 2 \cdot \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \frac{3}{5} \text{ м.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача №2 ~~проверенная~~



2. Дано: $a_x = -10 \text{ м/с}^2$

П.к. Конвейер имеет форму, на

$$V_{0x} = V_0 + u = 4 + 2 = 6 \text{ м/с.}$$

$$O_x: |V(t)| = V_0 - at; |V(t)| = 2 \Rightarrow 6 - at = 2 \Rightarrow t = \frac{4}{a} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5} \text{ с.}$$

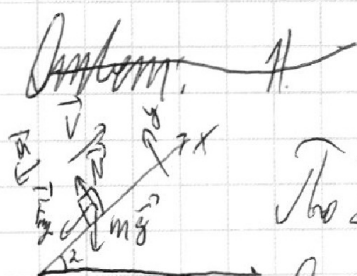
$$L = V_{0x} t - \frac{at^2}{2} = 6 \cdot \frac{2}{5} - \frac{10}{2} \cdot \frac{4}{25} = \frac{12}{5} - \frac{4}{5} = \frac{8}{5} \text{ м.}$$

3. Дано: $a_x = -10 \text{ м/с}^2$

$$V_0 = V_{0x} + u = 6 \text{ м/с.}; O_x: |V(t)| = V_0 - at = 0 \Rightarrow t = \frac{V_0}{a} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5} \text{ с.}$$

$$L' = V_0 t - \frac{at^2}{2} = 6 \cdot \frac{3}{5} - \frac{10}{2} \cdot \frac{9}{25} = \frac{18}{5} - \frac{9}{5} = \frac{9}{5} \text{ м.}$$

$$H = L' \cdot \sin(\alpha) = \frac{9}{5} \cdot \frac{4}{5} = \frac{36}{25} \text{ м.}$$



4. Дано: $a_x = -10 \text{ м/с}^2$ (если нужно рассчитать)
нормаль.

$$\text{По II закону Ньютона } \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$O_x: m - mg \cdot \sin(\alpha) - F_{\text{тр}} = -ma \Rightarrow$$

$$O_y: N - mg \cdot \cos(\alpha) = 0 \Rightarrow N = mg \cdot \cos(\alpha) \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg \cdot \cos(\alpha)$$

$$ma = mg \cdot \sin(\alpha) + \mu mg \cdot \cos(\alpha) \Rightarrow a = g \cdot \sin(\alpha) + \mu g \cdot \cos(\alpha) = 10 \cdot \frac{4}{5} + \frac{1}{8} \cdot 10 \cdot \frac{3}{5} = 8 + 2 = 10 \text{ м/с}^2 \quad (\cos(\alpha) = \sqrt{1 - \sin^2(\alpha)} = \frac{3}{5})$$

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!



Задача №2
Пункт 7-предложение.

* считаем, что $V_x = 0 \Rightarrow$ из Δ : $2(-a) \cdot S = 0 - V_0^2 \Rightarrow$
 $S = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{16}{2 \cdot 10} = \frac{4}{5} \text{ м.} \Rightarrow$ тело оттолкнется вверх еще $\frac{4}{5} \text{ м.}$

$$V_{\perp} = \frac{at^2}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2 \cdot 2}{a}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 2}{5 \cdot 10}} = \frac{1}{5} \text{ л.}; \quad t_{\uparrow} = \frac{V_0 - at_{\uparrow}}{a} = \frac{V_0}{a} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5} \text{ л.} \Rightarrow$$

$$t_0 = t_{\uparrow} + t_{\perp} = \frac{1}{5} + \frac{2}{5} = \frac{3}{5} \text{ л.}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5} \text{ л.}$

2) $\frac{8}{5} \text{ м}$

3) $\frac{36}{25} \text{ м}$

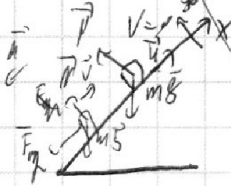
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

Задача №2 - продолжение

3) Дополнительно к пункту 1. $a_x = -10 \text{ м/с}^2$

4) Найти скорость относительно корабля. Тогда для того,



чтобы тело относительно x -оси имело нулевую скорость, необходимо, чтобы скорость была $2 - 4 = -2 \text{ м/с}$.

$$O_x: V(t) = V_{\text{кор}/\text{кораб}} - at = -2 \Rightarrow t = \frac{V_{\text{кор}/\text{кораб}} + 2}{a} = \frac{2 + 2}{10} = \frac{2}{5} \text{ с.}$$

$$V_0 = ut + v_{\text{кр}} = u \cdot t + V_{\text{кор}/\text{кораб}}$$

$$V_0 = u \cdot t + v_{\text{кр}}$$

$$t_1 \neq: V_{\text{кор}/\text{кораб}} - at_1 = 0 \Rightarrow$$

$$t_1 = \frac{V_{\text{кор}/\text{кораб}}}{a} = \frac{2}{5} \text{ с.}$$

$$t_2 = t - t_1 = \frac{2}{5} \text{ с.}$$

$$v_{\text{кр}} = v_1 + v_2 = V_{\text{кор}/\text{кораб}} - \frac{at_1^2}{2} - \frac{at_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$V_{\text{кр}} = 2 \cdot \frac{1}{5} - \frac{10}{2} \left(\frac{1}{5} \right)^2 - \frac{10}{2} \left(\frac{1}{5} \right)^2 = \frac{2}{5} - \frac{10}{25} = \frac{2}{5} - \frac{2}{5} = 0 \Rightarrow V_0 = u \cdot t = 2 - \frac{2}{5} = \frac{4}{5} \text{ м.}$$

$$\frac{h}{V_0} = \sin(45^\circ) \Rightarrow$$

$$h = V_0 \cdot \sin(45^\circ) = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{4}{5\sqrt{2}} \text{ м.}$$

Ответ: 1) $\frac{2}{5} \text{ с.}$

2) $\frac{2}{5} \text{ с.}$

4) $\frac{4}{5\sqrt{2}} \text{ м.}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Задача 13

1) Рассмотрим II закон Ньютона для перемещения. $O_x: F - F_{\text{тр}} = ma$

$O_y: N - mg = 0 \Rightarrow N = mg \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$

$F - \mu mg = ma$

П.к. тело из состояния покоя за определенное время достигло скорости V_0 , то ускорения в обеих экспериментальных равновесиях.

Рассмотрим II закон Ньютона: $F + N + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$

$O_x: F \cos(\alpha) - F_{\text{тр}} = ma$

$O_y: N - mg + F \sin(\alpha) = 0 \Rightarrow N = mg - F \sin(\alpha)$

$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg - \mu F \sin(\alpha) \Rightarrow$

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

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

2) Как когда тело достигло скорости V_0 , то действующие на него силы прекратились.

$N + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$

$O_x: -F_{\text{тр}} = -ma; O_y: N - mg = 0 \Rightarrow N = mg \Rightarrow$

$F_{\text{тр}} = \mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g$

$O_x: V(t) = V_0 - at$ $V(t) = 0 \Rightarrow V_0 = at = 0 \Rightarrow t = \frac{V_0}{a} = \frac{V_0}{\mu g} =$

$\frac{V_0}{g(1 - \cos(\alpha)) \sin(\alpha)}$

Ответ: $\mu = \frac{1 - \cos(\alpha)}{\sin(\alpha)}; t = \frac{V_0 \sin(\alpha)}{g(1 - \cos(\alpha))}$

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!

1) $C = \frac{Q}{\Delta T} = 1 \text{ К} = C \cdot \Delta T$, По I закону Термодинамики $Q = \Delta U + A \Rightarrow$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = C \cdot (T_2 - T_1) = 2R \cdot 3T_1 = \Delta U + A_{1 \rightarrow 2} \Rightarrow A_{1 \rightarrow 2} = 2R \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} \cdot 2R \cdot (T_2 - T_1) =$$

$$= 2R \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} \cdot R \cdot 5T_1 = \frac{1}{2} \cdot R \cdot 3T_1 = \frac{1}{2} \cdot 1200 R = 600 R$$

2) $C = \frac{Q}{\Delta T}$, В процессе $2 \rightarrow 3$ и $3 \rightarrow 1$ $\Delta T < 0 \Rightarrow$ масса рабочего тела $\Rightarrow Q_H = Q_{1 \rightarrow 2}$; $Q_K = Q_{2 \rightarrow 3} + Q_{3 \rightarrow 1}$

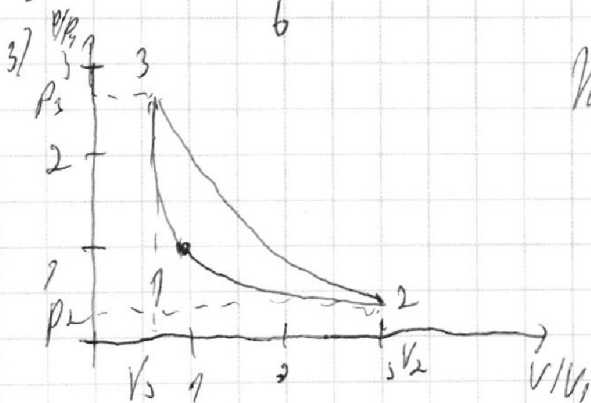
$$\eta = 1 - \frac{|Q_K|}{|Q_H|}$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = 2R \cdot (T_2 - T_1) = 2R \cdot 3T_1; Q_{2 \rightarrow 3} = 0,5R \cdot (2^{1,5}T_1 - 4T_1)$$

$$Q_{3 \rightarrow 1} = 2,5R \cdot (T_1 - 2^{1,5}T_1) \Rightarrow \eta = 1 - \frac{|Q_K|}{|Q_H|} = 1 - \frac{|0,5R(2^{1,5}T_1 - 4T_1) + 2,5R(T_1 - 2^{1,5}T_1)|}{|2R \cdot 3T_1|} =$$

$$= 1 - \frac{|0,5R(2^{1,5} - 4) + 2,5R(1 - 2^{1,5})|}{|6R \cdot 3|} = 1 - \frac{|0,5(2^{1,5} - 4) + 2,5(1 - 2^{1,5})|}{12} =$$

$$= 1 - \frac{0,5(4 - 2^{1,5}) + 2,5 \cdot 2^{1,5} - 2,5}{12} = 1 - \frac{4 - 2^{1,5} + 5 \cdot 2^{1,5} - 2,5}{12} = 1 - \frac{4 \cdot 2^{1,5} - 1}{12} = \frac{13 - 4 \cdot 2^{1,5}}{12}$$



Из уравнения Клапейрона следует, что

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right) \cdot \frac{T_2}{T_1} = 1$$

$p_1 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right) \cdot T_1$. И.е. этот график

будет для изотермы, где p_1 — давление

в начале отсчета.

для процесса $2 \rightarrow 3$ — изотерма, где p_2 — давление в начале отсчета. $\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right) \cdot \frac{T_2}{T_1} = 1$

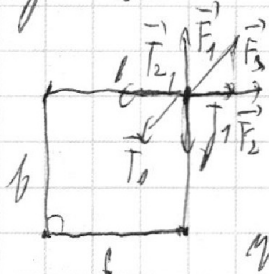
$3 \rightarrow 1$ — изотерма, где p_3 — давление в начале отсчета. $\frac{p_3}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right) \cdot \frac{T_2}{T_1} = 1$

Ответ: 1) $600 R$; 2) $\frac{13 - 4 \cdot 2^{1,5}}{12}$

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!

Задача 15



1) $\vec{T}_1, \vec{T}_2$ — это силы притяжения, если считать, что заряды положительные, тогда $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{T}_0 = \vec{0}$

$$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = k \cdot \frac{q^2}{a^2}; \quad |\vec{F}_3| = k \cdot \frac{q^2}{(2a)^2} = k \cdot \frac{q^2}{4a^2}$$

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| \Rightarrow |\vec{T}_0| = \sqrt{2} T \quad (T = |\vec{T}_1| = |\vec{T}_2|)$$

$$\vec{F}_3 \uparrow (\vec{F}_1 + \vec{F}_2), \quad \vec{F}_4 \uparrow \vec{T}_0 \Rightarrow |\vec{F}_0| = |\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3| =$$

$$|\vec{F}_0| = \sqrt{2} F_1 + F_3 = \sqrt{2} \cdot k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{4a^2} = \sqrt{2} T \text{ (из геометрии)}$$

$$T = k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{4a^2}$$

2) Если нить разрезана, то нить это будет считать за

выравнивающим. Тогда $T_2 = 0 \Rightarrow \vec{F}'_0 = \vec{F}_0 + \vec{T}_1$

$$T = k \frac{q^2}{a^2} \left(\frac{2\sqrt{2}+1}{2\sqrt{2}} \right); \quad F_0 = k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{2\sqrt{2}+1}{2} \Rightarrow T = F_0 \cdot \sqrt{2}; \quad |\vec{F}_0; \vec{T}_0| = 135^\circ$$

$$|\vec{F}_0 + \vec{T}_0| = |\vec{F}'_0| = T \quad (\text{таким образом, получаем из геометрии})$$

из геометрии. Тогда направление силы $\vec{F}'_0$ к нити $\vec{T}_1$

$$|\vec{F}'_0| = k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{2\sqrt{2}+1}{2\sqrt{2}} \quad (\text{вектор силы притяжения направлен}$$

на заряд, который находится слева от нити, а сила отталкивания — это сила притяжения)

снова от нити отталкивания.

снова от нити отталкивания.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

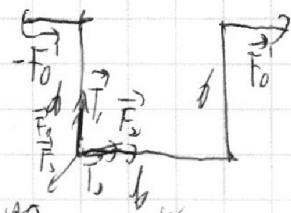
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

Задача № 5 - квадратичная

П.е. Кома картинка стала выглядеть как - то так



Когда все 3 шарика будут на одной прямой,
то сила притяжения будет направлена Ox .

Можно сделать вывод, что сила F в каждый момент
времени будет направлена

А когда все шарики будут на одной прямой, очевидно, что
скорость, с которой шарики движутся, будет равна 0, ведь они

приходят в крайнее положение. Тогда получается, что шарик
будет только один шарик

* В этот момент скорость будет равна 0.

Ответ: 1) $T = k \frac{|q_1|^2}{b^2} \left(\frac{2\sqrt{2}+1}{2\sqrt{2}} \right)$

2) -

3) 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!

$F - \mu mg = ma$ черновик

$F \cos(2) - F_{\text{тр}} = ma$

$F \sin(2) + N - mg = 0$

$N = mg - F \sin(2)$

$F - \mu mg = F \cos(2) - \mu mg + \mu F \sin(2)$

$\cos(2) + \mu \sin(2) = 1 \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos(2)}{\sin(2)}$

$F_{\text{тр}} = -\mu mg = -ma \Rightarrow a = \mu g \Rightarrow t = \frac{v_0}{a}$

черновик.

$2R + \Delta T = \frac{1}{2} \Delta T$

$\frac{1}{2} R + \Delta T = \frac{1}{2} R + \Delta T$

$\frac{1}{2} R + \Delta T = \frac{1}{2} R + \Delta T$

$\frac{1}{2} R + \Delta T = \frac{1}{2} R + \Delta T$

$C = 2R \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\frac{1}{2} R \Delta T + \Delta T}{\Delta T} = \frac{1}{2} R + \Delta T$

$\frac{1}{2} R + \Delta T = \frac{1}{2} R + \Delta T$

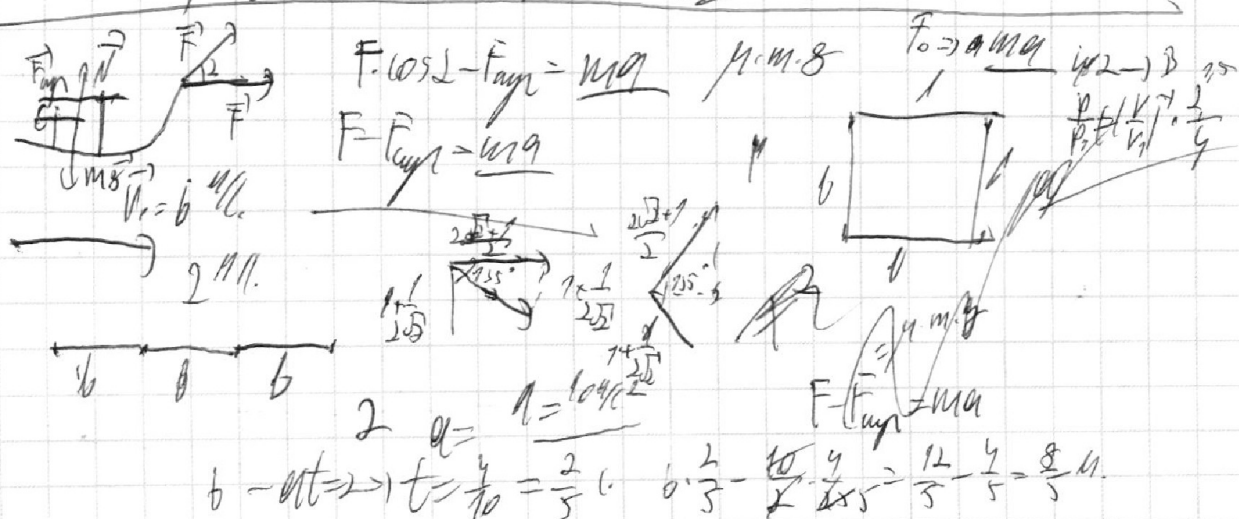
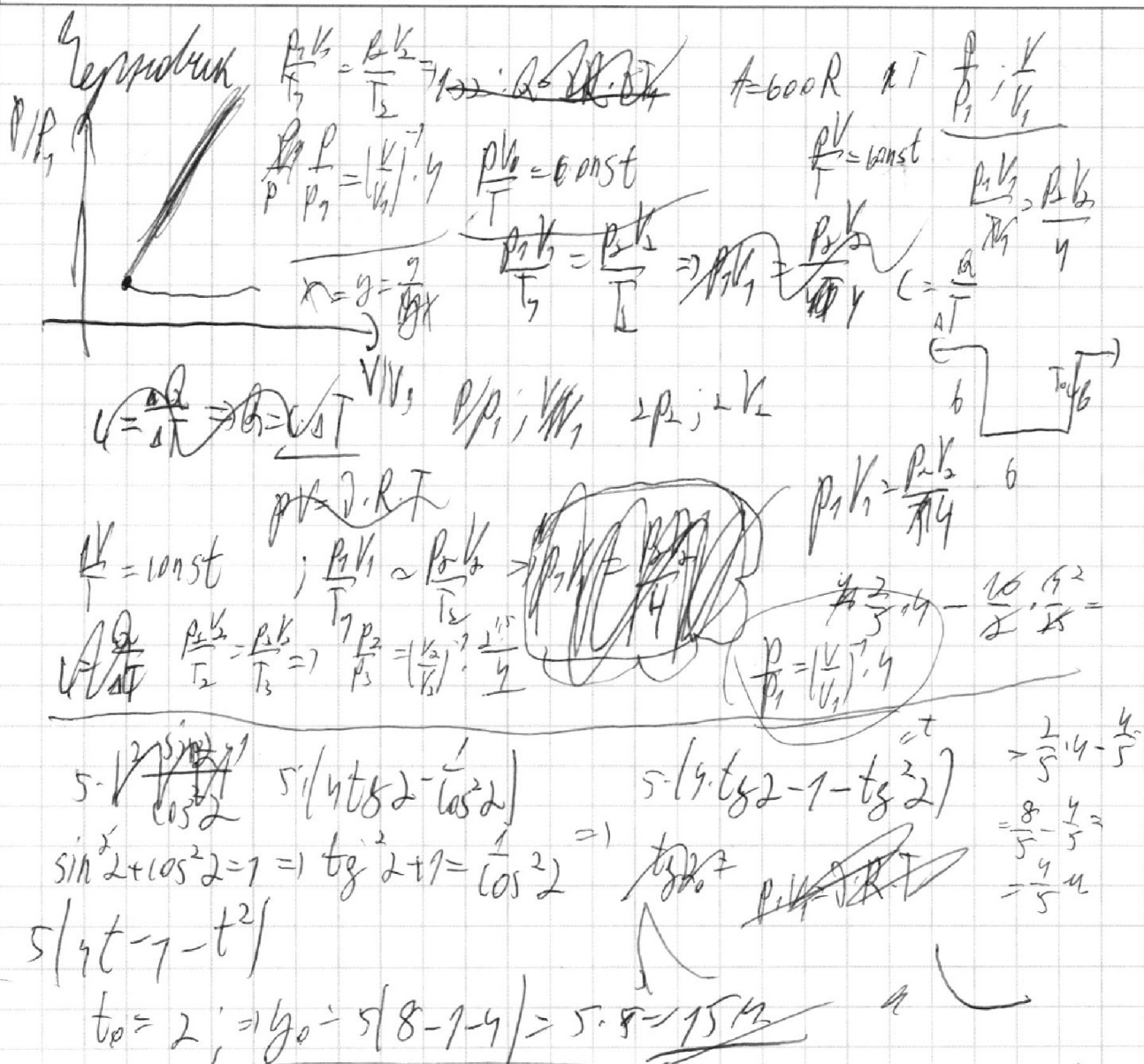
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

Решение.

$\vec{F}_0 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 \Rightarrow |\vec{F}_0| = \sqrt{2} \cdot k \cdot \frac{|q_1|^2}{b^2} + k \cdot \frac{|q_1|^2}{2b^2} =$
 $= \sqrt{2} T_k \Rightarrow T = k \frac{|q_1|^2}{b^2} + k \frac{|q_1|^2}{2b^2} = k \frac{|q_1|^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$
 $= k \frac{q^2}{b^2} + k \frac{q^2}{4b^2} + k \frac{q^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right) \quad \sqrt{2} + \frac{1}{2} =$

$\frac{P_3 K}{2^{1.5}} = P_1 V_1 = \frac{P_2}{\Phi_1} = \left(\frac{K}{V_1}\right)^{1.5} \cdot \frac{1}{\Phi_1}$

$\vec{T} \quad \vec{F}$

$C = 2.5R = \frac{Q}{T} = 2.5R \cdot \Delta T$
 $1 \rightarrow 2 \Rightarrow m \Delta u = \frac{3}{2} V \cdot R \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \cdot R \cdot 1200$
 $Q = C \cdot \pi \cdot C \cdot \Delta T =$
 $= 2R \cdot \Delta T = 1200 \cdot 2R$

$\frac{P_3 K}{T_1} = \text{const} \quad \frac{P_3 K}{T_2} = \frac{P_3 K}{T_1} \Rightarrow \frac{P_3}{T_2} = \left(\frac{K}{V_1}\right)^{1.5} \cdot \frac{1}{T_1}$
 $C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C \cdot \Delta T \Rightarrow Q = 2R \cdot 1200$
 $A = R \cdot 1200 + \frac{1}{2} = 11600R$

$Q_{1 \rightarrow 2} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + A_{1 \rightarrow 2} = \mu = 1 - \frac{|Q_{ex}|}{|Q_H|}$
 $1 \rightarrow 2 - \text{newly memo.}$
 $Q_{ex} = 1.5R \cdot \left(\frac{1}{4} T_1 - 2^{1.5} T_1\right) + 2.5R \cdot \left(2^{1.5} T_1 - T_1\right) = \frac{4 \cdot 2^{1.5} - 1}{12}$
 $Q_H = 2R \cdot (T_2 - T_1) \Rightarrow \frac{Q_{ex}}{Q_H} = \frac{1.5(4 \cdot 2^{1.5}) + 2.5(2^{1.5} - 1)}{2 \cdot 3} = \frac{12 + 1 \cdot 4 \cdot 2^{1.5}}{12}$
 $\mu = \frac{12 + 1 \cdot 4 \cdot 2^{1.5}}{12}$

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!



Зеркало

$$2gs = v_0^2 \Rightarrow s = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} \text{ м}$$

$$1,6 = \frac{10}{20} t^2 \Rightarrow 1 = 4t - \frac{10}{20} t^2 \Rightarrow 10t^2 - 4t + 6 = 0 \quad | :2$$

$$5t^2 - 2t + 3 = 0; D = 4$$

$$F_{\text{упр}} + mg \cdot \cos \alpha = ma \Rightarrow a = \mu g \cdot \cos \alpha + g \cdot \sin \alpha = \frac{1}{8} \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} +$$

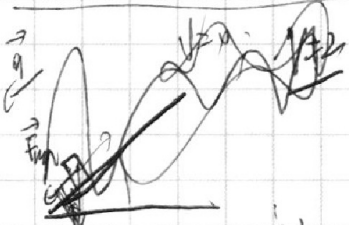
$$F_{\text{упр}} = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$+ 10 \cdot \frac{4}{8} = 10 \text{ м/с}^2$$

$$1 = 4t - 5t^2 \Rightarrow 5t^2 - 4t + 1 = 0$$

$$2gs = v_0^2 \Rightarrow s = \frac{16}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} \text{ м}$$

$$\frac{1}{5} = 15t^2 \Rightarrow t = \frac{1}{\sqrt{15}} \text{ сек.} \Rightarrow t_0 = \frac{1}{5} + \frac{2}{5} = \frac{3}{5} \text{ с}$$



$$-F_{\text{упр}} - mg \cdot \cos \alpha = -ma$$

$$F_{\text{упр}} = \mu \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$\Rightarrow a = \mu mg \cdot \sin \alpha + g \cdot \cos \alpha =$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} + 10 \cdot \frac{4}{8} = 10 \text{ м/с}^2$$

$$mg \cdot \sin \alpha \quad v_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$v_0 = 0$$

$$2 - 10t = 0 \Rightarrow t = \frac{1}{5} \text{ с} \quad t = \frac{2}{5} \text{ с}$$

$$v_0 = v_1 + at = 2 \cdot \frac{2}{5} + 0 = \frac{4}{5} \text{ м/с} \Rightarrow h = \frac{4}{5} \cdot \sin \alpha = \frac{16}{25} \text{ м}$$



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

$$F_{\text{упр}} = \mu \cdot m \cdot g \Rightarrow F \cos \alpha - \mu mg = ma$$

$$a_1 t = a_2 t \Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow \frac{F \cos \alpha - \mu mg}{m} = \frac{F \cos \alpha - \mu mg}{m}$$

$$\mu mg \quad F \cdot \cos \alpha - \mu mg = ma =$$

$$F \cdot \cos \alpha = \mu mg$$

$$F \cdot \cos \alpha = \mu mg \Rightarrow \mu = \frac{F \cos \alpha}{mg} = 1 \Rightarrow \alpha = 0^\circ$$

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!



№1 $T=2l$

$h = v_0 \cdot t - \frac{g t^2}{2}$

$V(t) = v_0 - g t = 0 \Rightarrow v_0 = g \cdot t = 20 \text{ м/с}$

Уравнение $a = 2.5R \cdot \sigma T$

$\frac{pV}{T} = \text{const}$

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



$v_0 \cdot \cos(60^\circ) \cdot t = 20 \text{ м} \Rightarrow t = \frac{20}{v_0 \cdot \cos 2}$

$h = v_0 \cdot \sin(60^\circ) \cdot t - \frac{g t^2}{2} = v_0 \cdot \sin(60^\circ) \cdot \frac{20}{v_0 \cdot \cos 2} - \frac{g \cdot 20^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 2}$

$= 20 \cdot \tan 2 - \frac{g \cdot 20^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 2} = 20 \tan 2 - \frac{g}{\cos^2 2} \cdot \frac{20^2}{v_0^2}$

$= 10 \left(2 \tan 2 - \frac{1}{\cos^2 2} \right) = 10 \cdot \left(2 \cdot \frac{\sin 2}{\cos 2} - \frac{1}{\cos^2 2} \right) = 10 \cdot \left(\frac{2 \sin 2 \cos 2 - 1}{\cos^2 2} \right) = \frac{p_2 V_2 p_3 V_3}{p_1 V_1} = \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{p_2}{p_1}$

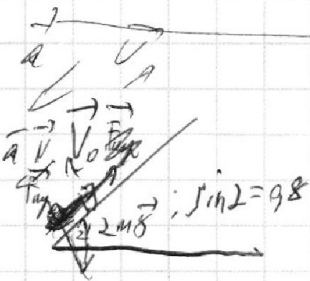
$h = v_0 \cdot \sin 2 \cdot t - \frac{g t^2}{2}$

$t = \frac{20}{v_0 \cdot \cos 2}$

$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3} \Rightarrow$
 $\frac{p_2}{p_3} = \frac{V_3}{V_2}$

$h = v_0 \cdot \sin 2 \cdot t - \frac{g t^2}{2} = 20 \cdot \tan 2 - \frac{10}{2 \cdot \cos^2 2} \cdot \frac{20^2}{v_0^2}$

$= 5 \cdot \left(4 \tan 2 - \frac{1}{\cos^2 2} \right) = 5 \cdot \left(\frac{4 \sin 2 \cos 2 - 1}{\cos^2 2} \right) = 5 \cdot \left(\frac{2 \sin 4 - 1}{\cos^2 2} \right)$



$F_{\text{упр}} - mg \cdot \cos(60^\circ) = mg(\mu \cdot \sin 2 - \cos 2)$

$F_{\text{упр}} = \mu \cdot mg \cdot \sin 2 = mg \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{4}{5} - \frac{3}{5} \right) = \frac{1}{5} mg$

$\frac{1}{5} F_{\text{упр}} - mg \cdot \cos 2 = \mu mg \cdot \frac{4}{5} \Rightarrow \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{5} mg - mg \cdot \frac{3}{5} = \mu mg \cdot \frac{4}{5}$

$\mu = \frac{1}{75} \cdot \frac{1}{5} - \frac{3}{5} = 10 \cdot \left(\frac{1}{75} - \frac{3}{5} \right) = 10 \cdot \left(-\frac{59}{75} \right) = -\frac{118}{15} \text{ м/с}^2$

$h = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{20^2}{2} = 20 \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{20}{5} = 20 \cdot \frac{4}{5} = 16 \text{ м}$