



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.

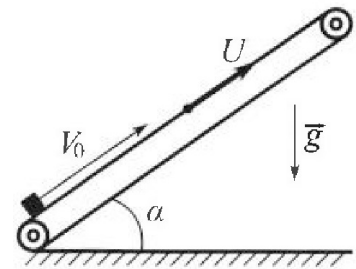
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

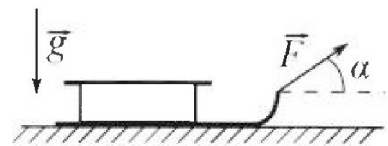
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.

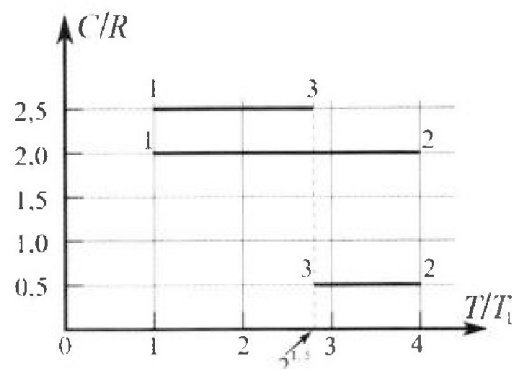


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

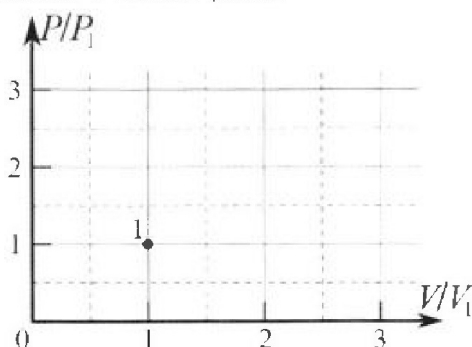
Вариант 10-01

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

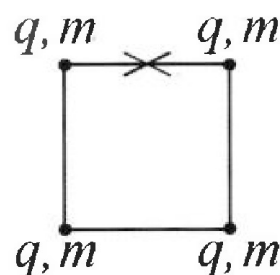
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

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!

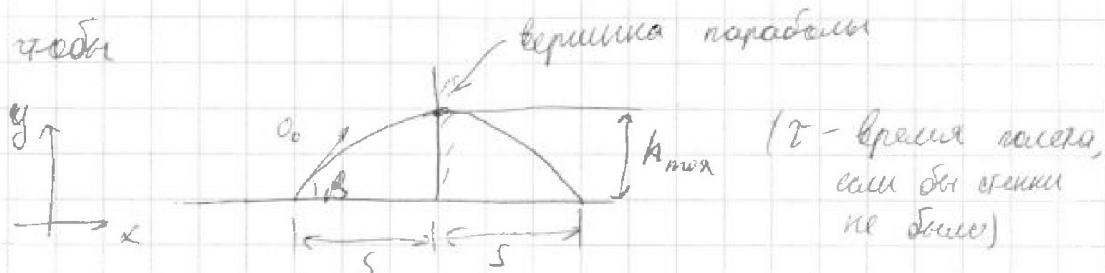


$$h(\beta) = 2S \cdot \tan \beta - \frac{gS^2}{v_0^2 \cos^2 \beta} = S \cdot \tan \beta - \frac{gS^2}{v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$= S \cdot \frac{\cos \beta}{\sin \beta} - \frac{gS^2}{v_0^2 \cos^2 \beta}$$

Заг. 1 стр. 2

Для того, чтобы шарик оказался в наивысшей точке
надо, чтобы



Найдем β и подставим в $h(\beta)$:

$$O_x: 2S = v_0 \cdot \tau \cdot \cos \beta \Rightarrow \tau = \frac{2S}{v_0 \cos \beta}$$

$$O_y: 0 = v_0 \tau \sin \beta - \frac{1}{2} g \tau^2 \Rightarrow \tau = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g}$$

$$\sin 2\beta = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10}{20^2} = 1 \Rightarrow \beta = 45^\circ$$

$$\frac{2Sg}{v_0^2} = \sin 2\beta$$

$$h_{\max} = h(\beta) = S \cdot \tan \beta - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta} = 20 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 20^2 \cdot 4}{20^2 \cdot 2 \cdot 2} = 20 - 10 = 10 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_0 = 20 \text{ м/с}$

2) $h_{\max} = 10 \text{ м}$

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!

Дано:

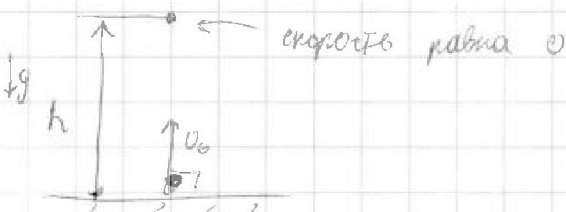
$$T = 2 \text{ c}$$

$$S = 20 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:

$$1) \vec{h} = \vec{v}_0 \cdot T + \frac{1}{2} \vec{g} T^2$$



$$1) v_0 = ?$$

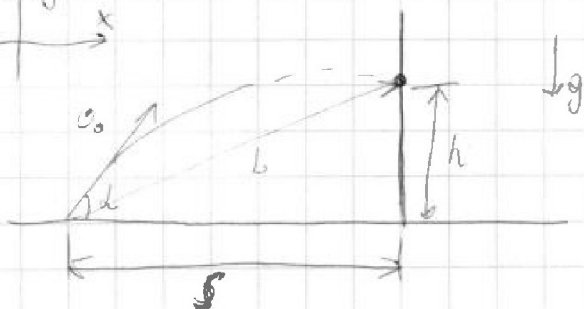
из кинематики РУД:

$$2) h_{\text{max}} = ?$$

$$\text{обс } 0 = v_0 - gT$$

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

$$2) \begin{matrix} y \\ x \end{matrix}$$



$$\vec{L} = \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

$$Ox: S = v_0 t \cdot \cos \alpha \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cdot \cos \alpha}$$

$$Oy: h = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{S}{v_0 \cos \alpha} \right)^2$$

$$h = S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Намнн зависимость $h(L)$. Найдем максимум.

Не умеем брать производную, поэтому будем рассуждать.

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!

$$T = T_1 + T_2 = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \approx 0,4 + 0,25 = 0,65 \text{ (с)}$$

Заг. 2 стр. 2

2) Второй опыт:

2.1) конеч. скорость коробки равна скорости ленты $u = 2 \text{ м/с}$

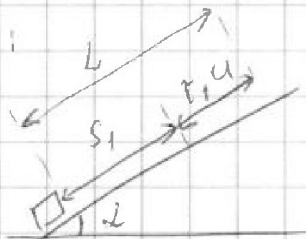
Это значит, что скорость коробки от-но ленты равна 0

Перейдем в ИСО ленты. Из равенства площадей поверхности,

что в этот ИСО коробка проедет S_1 за время t_1 . Но

Теперь ещё добавимов и перемещение ленты, равное $u \cdot t_1$.

Визуализация:
(в ИСО ленты)



$$L = S_1 + t_1 u = 0,8 + 0,4 \cdot 2 = 1,6 \text{ (м)}$$

2.2) конечная скорость коробки равна 0, поэтому её

скорость от-но ленты равна $-u$ (если брать ось, направлен.

вверх вдоль оси скорости). То есть сначала наша коробка

поднималась вверх, а затем чуть-чуть съезжала. В ИСО

ленты: коробка поднималась на S_1 за t_1 , остановилась,

ожидая вниз с ускорением a_2 до скорости u

(время спуска $t_3 = \frac{u}{a_2} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ (с)}$). За это время она

$$\text{прошла от-но ленты: } S_3 = \frac{1}{2} a_2 t_3^2 = \frac{6 \cdot 10^2}{2 \cdot 9} = \frac{100}{9} = \frac{1}{9}$$

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!

Дано:

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$v_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$\mu = 2 \text{ м/с}$$

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

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

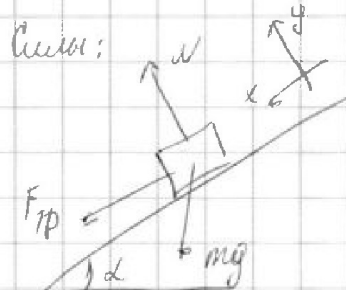
$$S = 1 \text{ м}$$

$$1) T = ?$$

$$2) L = ?$$

$$3) H = ?$$

1) Первый опыт,



$$2 \text{ Н,}$$

$$O_y: N = mg \cos \alpha$$

$$O_x: F_{тр} + mg \sin \alpha = ma,$$

$$\text{Учитывая, что } F_{тр} = \mu N$$

Найдем a , (a — ускорение),
вверх

$$a = \frac{F_{тр}}{m} + g \sin \alpha = \frac{\mu mg \cos \alpha}{m} + g \sin \alpha = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) =$$

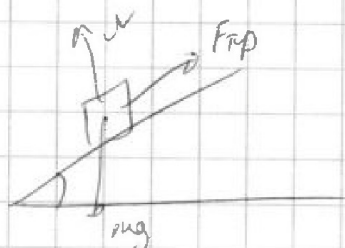
Найдем путь, пока коробка движется вверх. Из

$$\text{кинематич. РЗД: } 0 = v_0 - a_1 t_1, \quad t_1 = \frac{v_0}{a_1}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{v_0^2}{a_1} - \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \\ &= \frac{4^2}{2 \cdot 10 \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right)} = \frac{16}{20 \cdot 1} = \frac{4}{5} < 1, \text{ то есть тело пройдет} \end{aligned}$$

$$\text{движение вниз. } H(t_1) = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{4}{10 \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right)} = 0,4 \text{ (с)}$$

Силы (вниз):



т.е. $F_{тр}$ изменила направление, следовательно

находим a_2 (ускорение вниз):

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

Вначале скорости нет, осталось пройти $S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ м}$.

$$\text{Из РЗД: } S_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{1}{15}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

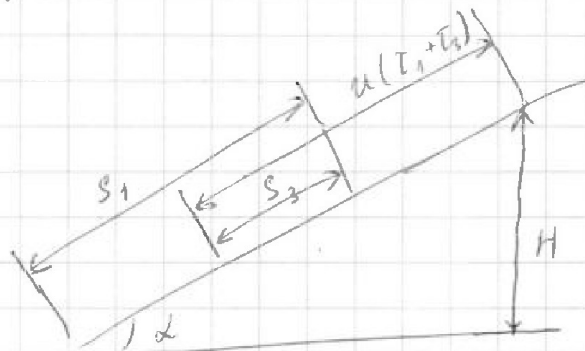
МФТИ

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



Вычисления в ИСО Земли:

заг. 2 стр. 3



$$\frac{H}{\sin \alpha} = s_1 - s_3 + u(t_1 + t_2)$$

$$H = (s_1 - s_3 + u(t_1 + t_2)) \cdot \sin \alpha = \left(0,8 - \frac{100}{3} + 2\left(0,4 + \frac{10}{3}\right)\right) \cdot 0,8 =$$

$$= \left(\frac{8}{10} - \frac{100}{3} + \frac{8}{10} + \frac{20}{3}\right) \cdot 0,8 = \left(\frac{16}{10} - \frac{80}{3}\right) \cdot 0,8$$

$$H = (s_1 - s_3 + u(t_1 + t_2)) \cdot \sin \alpha = \left(0,8 - \frac{1}{3} + 2\left(0,4 + \frac{1}{3}\right)\right) \cdot 0,8 =$$

$$= \left(\frac{8}{10} - \frac{1}{3} + \frac{8}{10} + \frac{2}{3}\right) \cdot 0,8 = \left(\frac{16}{10} + \frac{1}{3}\right) \cdot 0,8 = \frac{16 \cdot 3 + 10}{30} \cdot 0,8 =$$

$$= \frac{58 \cdot 8}{300} \approx \frac{60 \cdot 8}{300} = \frac{8}{5} = \frac{16}{10} \approx 1,6 \text{ м}$$

Ответ: 1) $T = 0,65 \text{ с}$.

2) $L = 1,6 \text{ м}$

3) $H = 1,6 \text{ м}$ и коробка поднимается вверх

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!

Дано:

v_0, d, μ, g

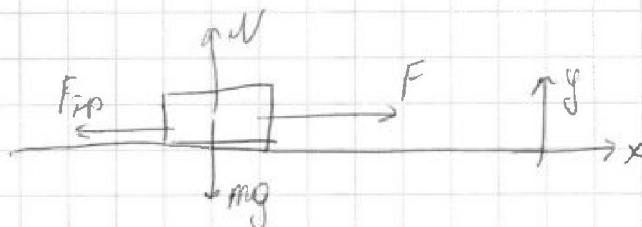
$$F_1 = F_2 = F$$

1) $\mu = ?$

2) $T = ?$

1) Время одинаковое, начальная скорость одина-
ковая, конечная скорость одинаковая $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ одинаковые ускорения (обозначим a).

1 шаг:

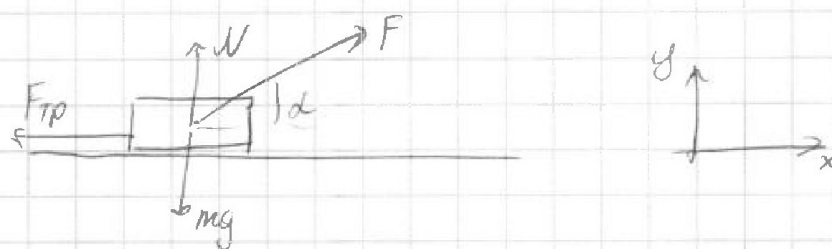


23Н: $O_y: N = mg \Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu mg$

$O_x: F - F_{тр} = ma$

$$F - \mu mg = ma \quad (1)$$

2 шаг:



23Н: $O_y: N + F \cdot \sin \alpha = mg \Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu (mg - \sin \alpha F)$

$O_x: F \cos \alpha - F_{тр} = ma$

$$F \cos \alpha - \mu (mg - \sin \alpha F) = ma \quad (2)$$

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!



заг. 3 стр. 2

Приравняем (1) и (2):

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

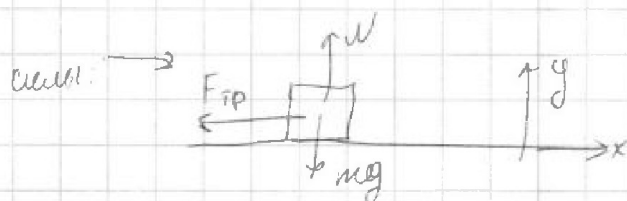
$$\mu mg - \mu \sin \alpha \cdot F = \mu mg = F \cos \alpha - F$$

$$-\mu \sin \alpha \cdot F = F \cos \alpha - F$$

$$\mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha$$

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

2) Скорость от v_0 до 0 с ускорением a , из кинематики v_0, a : $v_0 = Ta$, $\Rightarrow T = \frac{v_0}{a}$



$$Oy: mg = N \Rightarrow F_{Tp} = \mu mg$$

$$Ox: F_{Tp} = ma$$

$$(a = \frac{F_{Tp}}{m} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g)$$

Подставим:

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

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$\gamma = 1$$

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

Газ одноатомный, т.е. $\gamma = 5/3$, т.е. $C_p = \frac{5}{2}R$, $C_v = \frac{3}{2}R$

Заг. 4 стр. 1

$$1) A_{12} = ?$$

$$1) 1-2: C = 2R; T_1 = T_1, T_2 = 4T_1$$

$$2) \eta = ?$$

Чр-е расширения (т.к. $C = \text{const}$):

$$pV^n = \text{const}; \quad \eta = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-\frac{1}{2}R}{+\frac{1}{2}R} = -1$$

$$pV^3 = \text{const}$$

или

Менделеев - Клапейрон: $pV = \nu RT$, $V = \frac{\nu RT}{p}$

$$pV \cdot V^2 = \text{const} \Rightarrow \nu RT \cdot V^2 = \text{const} \Rightarrow TV^2 = \text{const}$$

$$pV^3 = \text{const} \Rightarrow p \cdot \frac{\nu RT^3}{p^3} = \text{const} \Rightarrow \frac{T^3}{p^2} = \text{const}$$

$$T_1 \cdot V_1^2 = T_2 \cdot V_2^2 \Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \cdot V_1 = \sqrt{\frac{T_1}{4T_1}} \cdot V_1 = \frac{1}{2} V_1$$

$$\frac{T_1^3}{p_1^2} = \frac{T_2^3}{p_2^2} \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \sqrt{\frac{T_2^3}{T_1^3}} = p_1 \cdot \sqrt{\frac{4^3 \cdot T_1^3}{T_1^3}} = 8p_1$$

$$pV^{-1} = \text{const} \Rightarrow \frac{p}{V} = \text{const}$$

Менделеев - Клапейрон:

$$p = \frac{\nu RT}{V}, \quad \frac{1}{V} = \frac{p}{\nu RT}$$

$$p = \text{const} \Rightarrow \frac{\nu RT}{V^2} = \text{const} \Rightarrow \frac{T}{V^2} = \text{const}$$

$$\frac{T_1}{V_1^2} = \frac{T_2}{V_2^2} \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = V_1 \cdot \sqrt{\frac{4T_1}{T_1}} = 2V_1$$

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!



$$p = \text{const} \Rightarrow \frac{p^2}{\rho R T} = \text{const} \Rightarrow \frac{p^2}{T} = \text{const}$$

Заг. 4 стр. 2

$$\frac{p_1^2}{T_1} = \frac{p_2^2}{T_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = p_1 \cdot \sqrt{\frac{4T_1}{T_1}} = 2p_1$$

2) 2-3: $c = 0,5R$, $R = \text{const}$; $\frac{T_2}{T_1} = 2^{1,5} \Rightarrow T_2 = 2^{1,5} T_1$

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

$$pV^2 = \text{const}$$

$$p = \frac{\rho R T}{V}; \quad V^2 = \left(\frac{\rho R T}{p} \right)^2$$

$$pV^2 = \text{const}; \quad \frac{\rho R T}{V} \cdot V^2 = \text{const}; \quad \Rightarrow TV = \text{const}$$

$$T_2 V_2 = T_3 V_3 \Rightarrow V_3 = V_2 \cdot \frac{T_2}{T_3} = V_2 \cdot \frac{4T_1}{2^{1,5} T_1} = \sqrt{2} V_2 = 2\sqrt{2} V_1$$

$$pV^2 = \text{const}; \quad p \cdot \left(\frac{\rho R T}{p} \right)^2 = \text{const}; \quad \frac{T^2}{p} = \text{const};$$

$$\frac{T_2^2}{p_2} = \frac{T_3^2}{p_3} \Rightarrow p_3 = p_2 \cdot \frac{T_2^2}{T_3^2} = p_2 \cdot \frac{(2^{1,5})^2 \cdot T_1}{4 T_1} = \frac{1}{2} p_2 = p_1$$

3) 3-1: $c = 2,5R = \text{const}$; $T_1 = T_1$

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

$$pV^0 = \text{const} \Rightarrow p = \text{const}, \text{ т.е. } p_3 = p_1 \text{ (что и нужно было)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

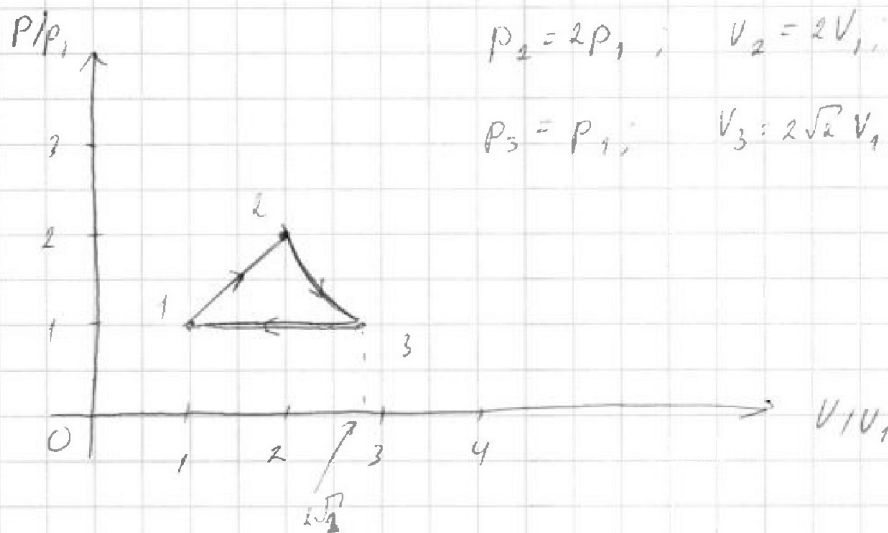
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



4) График:



$$P_1 = P_1, \quad V_1 = V_1, \quad T_1 = T_1$$

$$P_2 = 2P_1, \quad V_2 = 2V_1, \quad T_2 = 4T_1$$

$$P_3 = P_1, \quad V_3 = 2\sqrt{2}V_1, \quad T_3 = 2^{1.5}T_1 = 2\sqrt{2}T_1$$

(заг. 4 стр. 3)

1-2: $P = \text{const}$, т. е. $P = \text{const} \cdot V \Rightarrow$ линейная зависимость (точнее прямо пропорц.)

2-3: некая кривая

3-1: $P = \text{const}$, т. е. параллельно оси.

Работа +2 равна площади под графиком:

$$A_{12} = S_{\text{гр}} = (V_2 - V_1) \cdot \frac{1}{2} (P_1 + P_2) = (2V_1 - V_1) \cdot \frac{1}{2} (P_1 + 2P_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$\text{Идеальный газ: } P_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow A_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \approx 3 \cdot 2 \cdot 830 = 6 \cdot 830 = 4980 \approx 5000 \text{ (Дж)}$$

5) $\eta = 1 - \frac{Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}}$ $Q_{\text{х}}$ - сколько тепла отведено; $Q_{\text{н}}$ - сколько подведено.

$$1.1 \quad Q_{12} = \sum_1^T \delta Q_{12} = \sum_1^T C_{12} dT = C_{12} \sum_1^T dT = C_{12} (T_2 - T_1) = 3 C_{12} T_1 = 6 R \nu T_1$$

dT для каждой частицы в процессе положительна,

т. е. Q_{12} вся идет в $Q_{\text{н}}$.

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!



(заг. ч стр. ч)

$$1.2 \quad Q_{23} = c_{23} \int \alpha T = c_{23} \int_0^1 (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R \cdot \int_0^1 (2^{1.5} T_1 - 4 T_1) =$$

$$= \int_0^1 R T_1 \cdot (\sqrt{2} - 2)$$

αT - в каждый момент времени меньше нуля, то есть весь процесс течения в действительности отводился, т.е. Q_{23} в Q_v .

$$1.3 \quad Q_{31} = c_{31} \int (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \int_0^1 R (T_1 - 2\sqrt{2} T_1) = \frac{5}{2} \int_0^1 R T_1 (1 - 2\sqrt{2})$$

Аналогично Q_{31} в Q_v .

$$Q_H = Q_{12}; \quad Q_v = -Q_{23} - Q_{31}$$

$$\left[\eta = 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} \right] = \frac{\int_0^1 R T_1 \cdot (\sqrt{2} - 2) + \int_0^1 R T_1 \cdot (\frac{5}{2} - 5\sqrt{2})}{6 \int_0^1 R T_1} + 1 =$$

$$= \frac{\sqrt{2} - 2 + 2.5 - 5\sqrt{2}}{6} + 1 = \frac{0.5 - 4\sqrt{2} + 6}{6} = \frac{6.5 - 4\sqrt{2}}{6} \approx \frac{6.5 - 5.6}{6} = 0.15$$

Ответ: 1) $A_{12} = 5 \text{ кДж}$

2) $\eta = 0.15$

3) график в решении

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!

Дано:

1) Начальный момент

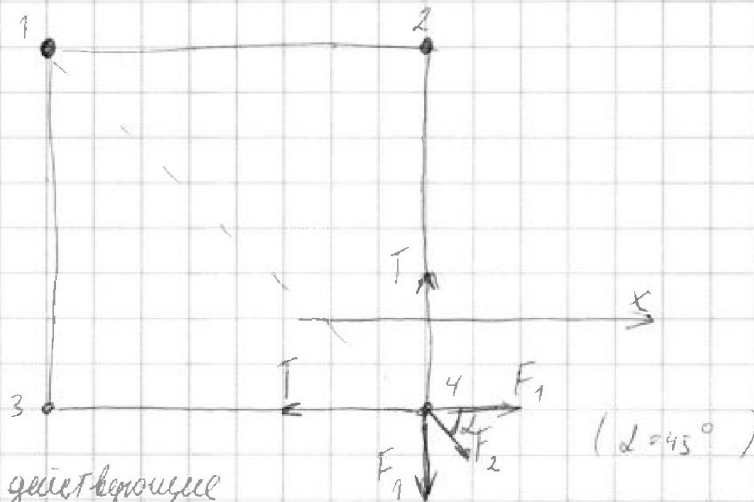
зад. 5 стр. 1

b, q, m, k

1) $T = ?$

2) $\alpha = ?$

3) $\alpha = ?$



Изобразим силы, действующие

на правой нижней шарик.

1- В силу симметрии нить действует на шарик вверх и влево с одинаковой силой T .

2- от шариков 2 и 3 на 4 шарик действует сила

$$F_1 = \frac{kq^2}{b^2}$$

3- от шарика 1 на шарик 4 действует сила

$$F_2 = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}b)^2} = \frac{kq^2}{2b^2} = \frac{1}{2} F_1$$

23И на ОХ: $F_1 - T + F_2 \cdot \cos 45^\circ = 0$

$$T = F_1 + F_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = F_1 + \frac{\sqrt{2}}{4} F_1 = \frac{4+\sqrt{2}}{4} F_1$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

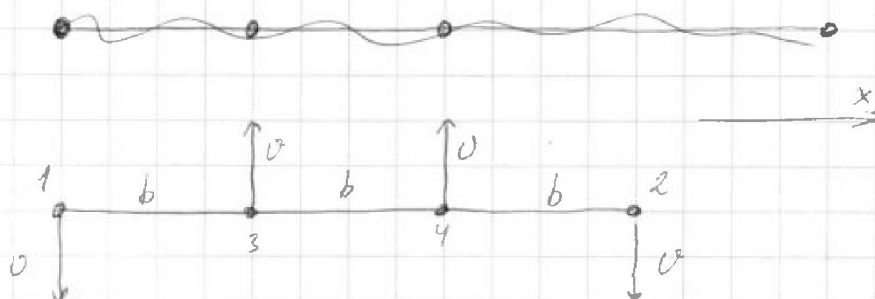
МФТИ

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



2)

зад 5 стр 2



Для системы верен ЗСД, т.к. скорости крайних шариков направлены вниз, то скорости "центральных" шариков направлены вверх. Принцип ц-го симметрии и перестановки каждой из скоростей направлены $\perp$ оси x .
Так же для системы верен ЗСЭ. Расстояния увеличились только мжу шариками 1 и 2 (было b стало $3b$), рас-я 3 и 2 и 1 и 4 (было $2b$ стало $2b$), все другие расстояния равны b . Значит только это повышает на энер-ию.
 $E_k = -\Delta E_{эл};$

$$E_k = 4 \cdot \frac{mv^2}{2} = 2mv^2$$

$$\begin{aligned} \Delta E_{эл} &= E_{кон} - E_{нач} = (E_{const} + E_{к12} + E_{к14} + E_{к23}) - \\ &\quad - (E_{const} + E_{н12} + E_{н14} + E_{н23}) = \\ &= \frac{kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{2b} - 3 \cdot \frac{kq^2}{b} = \frac{kq^2}{b} \left(\frac{1}{3} + 2 \cdot \frac{1}{2} - 3 \right) = -\frac{5}{3} \cdot \frac{kq^2}{b} \end{aligned}$$

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!



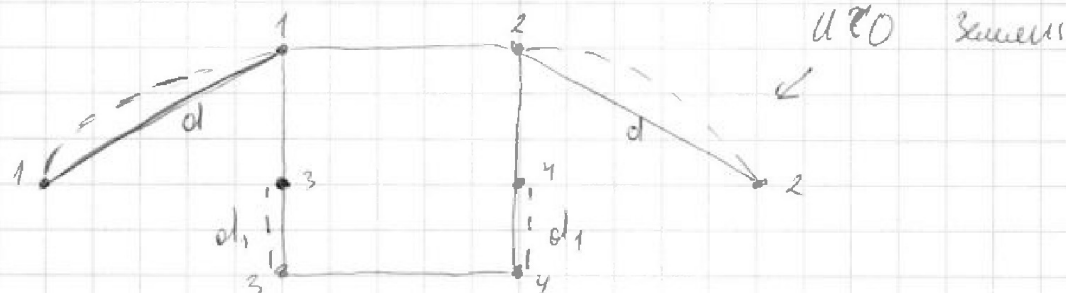
$$2m v^2 = \frac{5}{3} \frac{kg^2}{b} = \frac{5}{3} \cdot \frac{kg^2}{b}$$

заг. 5 стр. 3

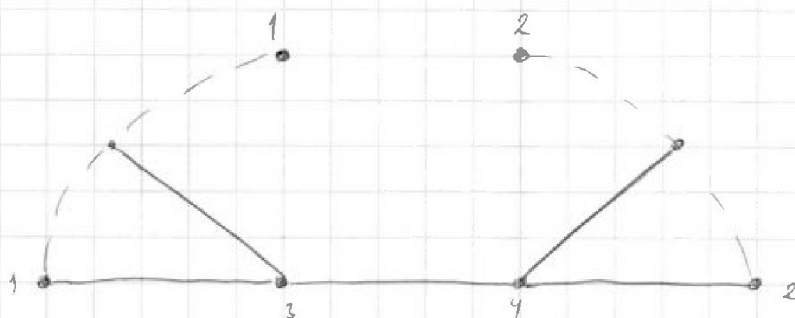
$$Q = \frac{10 kg^2}{3}$$

$$v = \sqrt{\frac{5 kg^2}{6bm}}$$

3)



ИТО машинки, которая движется вместе с машинками 3 и 4.



Ничего, кроме прямых траекторий эта ИТО не даёт.

В промежуточный момент:

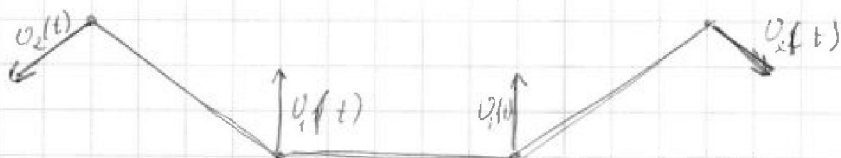


рисунок скоростей.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

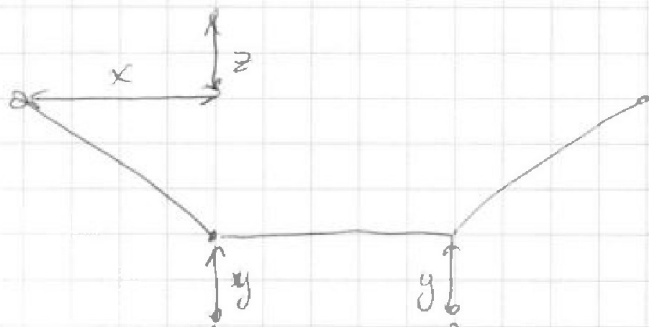
МФТИ

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



заг. 5 ср. 5

Пусть ш. 3 сместился вверх на y ,
ш. 3 - влево на x , а винт на z



Тогда $\ell = (x+b) \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$, $p = x + x + b = 2x + b$

Изменим (1) на $\sin \beta$, выразим T , подставим в (2)

$$T = \frac{m a_y}{\sin \beta} + \frac{k q^2}{\ell^2} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} + \frac{k q^2}{b^2} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$m a_y \cdot \lg \beta + \frac{k q^2}{\ell^2} \cdot \sin \alpha \cdot \lg \beta + \frac{k q^2}{b^2} \cdot \cos \beta - \frac{k q^2}{\ell^2} \cdot \cos \alpha - \frac{k q^2}{p^2} \cdot \frac{k q^2}{b^2} \cos \beta = m a_x$$

$$m (a_y \cdot \lg \beta - a_x) = k q^2 \left(\frac{1}{p^2} + \frac{1}{\ell^2} \cdot \cos \alpha - \frac{1}{\ell^2} \cdot \sin \alpha \cdot \lg \beta \right)$$

$$m (a_y \cdot \lg \beta - a_x) = k q^2 \left(\frac{1}{(2x+b)^2} + \frac{1}{(x+b)^2 \cdot \cos \alpha} - \frac{1}{(x+b)^2} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \lg \beta}{\cos^2 \alpha} \right)$$

Укороченный винт имеет и в конце нет; $\alpha = 45^\circ$ в нач и $\alpha = 0^\circ$ в конце;
 $\beta = 90^\circ$ в нач и 0° в кон;

Решение дано в гугле.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

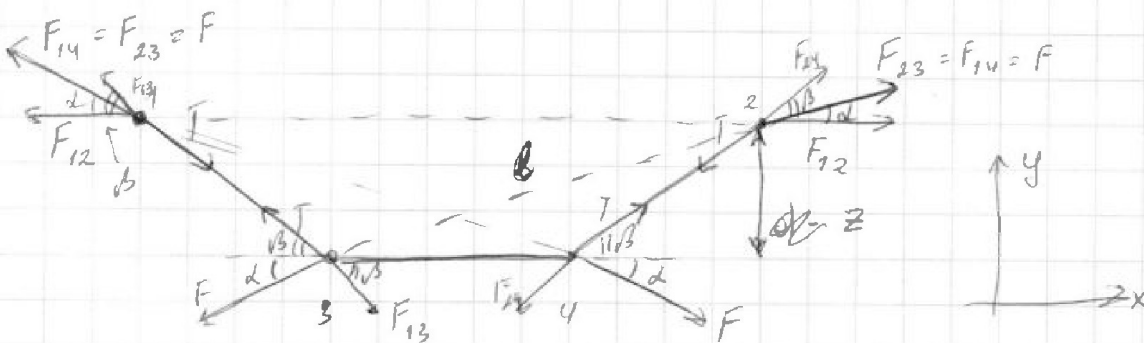
МФТИ

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

рисунок см.

заг. 5 стр. 4

Всего всего - всего нет, поэтому все мы делаем
и на ш. 3 и ш. 4 можно не рисовать.



Смысл м/у 3 и 4 ш. не рисовал, т.к. они не нужны

23Н на O_y для 3 ш. $T \sin \beta - F \sin \alpha - F_{13} \cos \beta = ma$

$$T \sin \beta - F \sin \alpha - F_{13} \cos \beta = ma$$

$T \sin \beta - F \sin \alpha + \text{Путь } \ell - \text{расст. м/у 3 и 2.}$

$$T \sin \beta - \frac{kq^2}{e^2} \sin \alpha - \frac{kq^2}{b^2} \sin \beta = ma_y \quad (1)$$

23Н на O_x для 1 ш.

$$+ T \cos \beta - F \cos \alpha - F_{12} - F_{13} \cos \beta = ma_x$$

$$+ T \cos \beta - \frac{kq^2}{e^2} \cos \alpha - \frac{kq^2}{\rho^2} - \frac{kq^2}{b^2} \cos \beta = ma_x \quad (2)$$

Путь ρ - расстояние м/у ш. 1 и ш. 2.

Теперь выразим ℓ и ρ 1/3 угла и 1/3 b, d, d_1 ,

затем просимирем и все найдем.



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!

1) 1-2:

$$\frac{p_1^2}{T_1^3} = \frac{p_2^2}{T_2^3}$$

$$p_2 = \sqrt{\frac{T_2^3}{T_1^3}} \cdot p_1$$

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

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

$$\begin{array}{r} 1 \\ 83 \\ \times 6 \\ \hline 498 \\ 498 \end{array}$$

4.142

2 5,6

$$\frac{0,8}{6} = \frac{0,3}{2} = \frac{3}{20} = \frac{15}{100}$$

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

$$\tan = \frac{\sin}{\cos}$$

$$\sin = \cos \cdot \tan$$

$$\cos^2 = \frac{1}{\tan^2 + 1}$$

$$\cos^2 \cdot \tan^2 + \cos^2 = 1$$

$$\tan^2 = \frac{1}{\cos^2} - 1$$

$$\cos^2$$

$$(\cos \cdot \cos)' =$$

$$= \cos' \cdot \cos + \cos' \cdot \cos = -\sin \cdot \cos - \cos \cdot \sin = -2 \cdot \cos \cdot \sin$$

$$\frac{S \sin}{\cos^2} - \frac{2S^2}{v_0^2 \cos^2} = \frac{v_0^2 \cdot S \cdot \sin \cdot \cos - g S^2}{v_0^2 \cos^2}$$

$$2S = v_0 \cdot t_{\text{max}} \cdot \cos \alpha$$

$$t_{\text{max}} = \frac{2S}{v_0 \cdot \cos \alpha}$$

$$0 = v_0 \cdot t_{\text{max}} \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} g t_{\text{max}}^2$$

$$\frac{2S}{v_0} = \frac{2 v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$\frac{2 v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = t_{\text{max}}$$

$$\sin \alpha = \frac{g S}{v_0^2} = \frac{10 \cdot 10}{20^2} = 0,5$$

$$h = 20 \cdot 1,5 - \frac{1}{2} g \cdot \frac{20^2}{g} = \frac{20^2}{g} - \frac{g}{4}$$

$$\sin \frac{\pi}{6} \quad \cos \frac{\pi}{6}$$

$$= \frac{20}{1,5} - \frac{g}{4} = \text{max}$$

$$h = 20 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} - 5 \cdot \frac{20^2}{20^2 \cos^2 \alpha} = \frac{20}{\sqrt{3}} - \frac{5 \cdot 4}{3} =$$

2