



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.

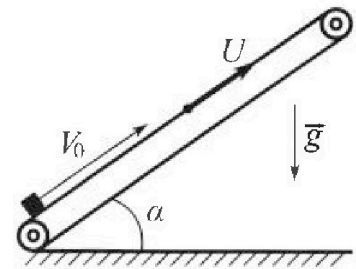
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

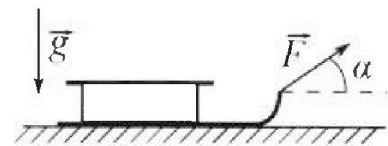
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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 .

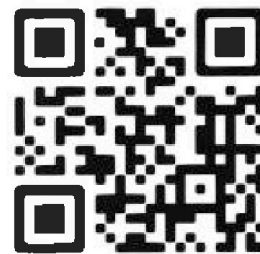
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



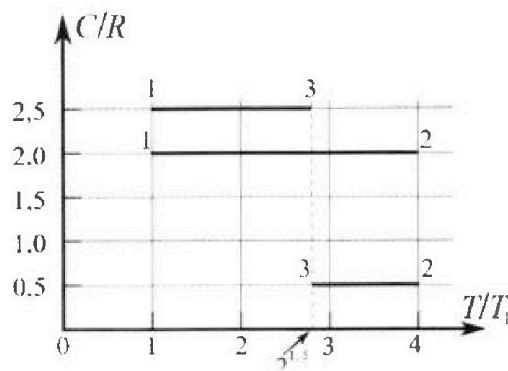
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



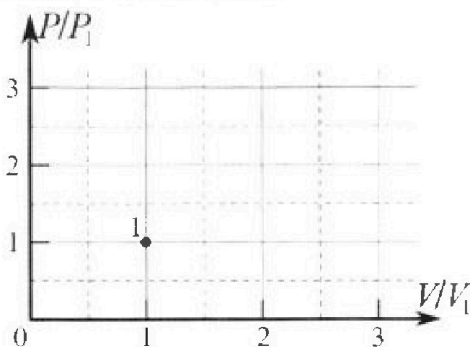
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



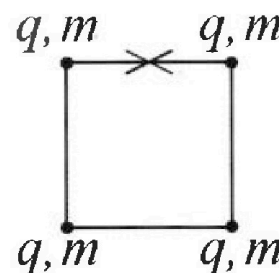
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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



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

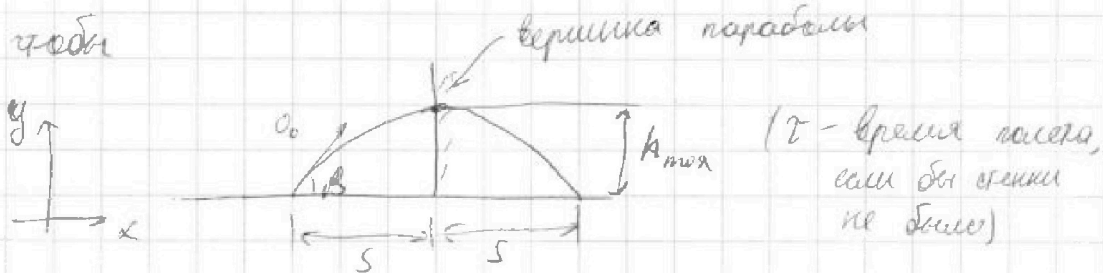


$$h(\alpha) = v_0^2 \sin^2 \alpha - \frac{g \alpha^2}{2 \cos^2 \alpha} = v_0^2 \sin^2 \alpha - \frac{g \alpha^2}{2 \cos^2 \alpha}$$

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

Заг. 1 стр. 2

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



Найдем β и подставим в $h(\alpha)$:

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

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

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

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

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:

Решение:

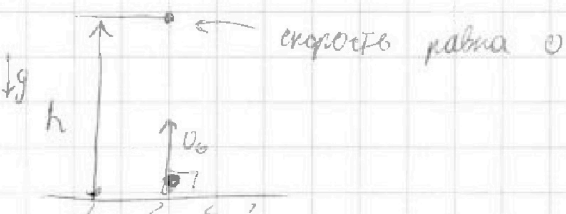
зад. 1 стр. 1

$T = 2\text{c}$

$S = 20\text{м}$

$g = 10\text{ м/с}^2$

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



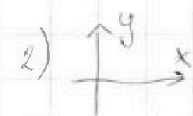
1) $v_0 = ?$

из кинематич. РУА:

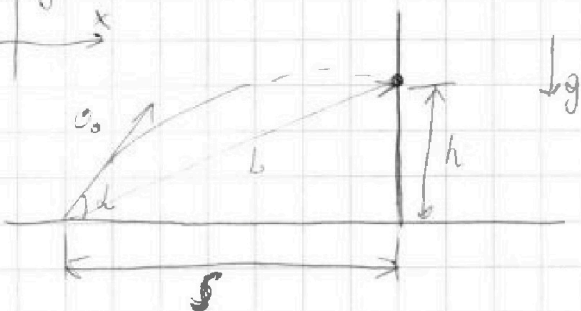
2) $h_{\text{max}} = ?$

обс $0 = v_0 - gT$

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



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



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

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

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

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

Намнн зависимость $h(\alpha)$. 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!

$$T = \tau_1 + \tau_2 = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \approx 0,4 + 0,25 = 0,65 \text{ (с)}$$

Заг. 2 стр. 2

2) Второй опыт:

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

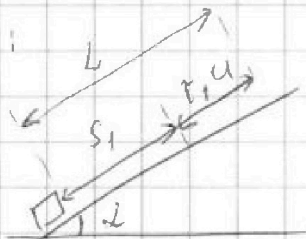
Это значит, что скорость коробки от-но ленты равна 0.

Перейдем в ИСО ленты. U_2 равно описана перемещением,

что в этой ИСО коробка проедет S_1 за время τ_1 . Но

Теперь ещё добавимось и перемещение ленты, равное $u \cdot \tau_1$.

Визуализация:
(в ИСО земли)



$$L = S_1 + \tau_1 u = 0,8 + 0,4 \cdot 2 = 1,6 \text{ (м)}$$

2.2) конечная скорость коробки равна 0, поэтому её

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

вверх вдоль направления движения). То есть сначала наша коробка

поднималась вверх, а затем чуть-чуть съезжала в ИСО

ленты; коробка поднималась на S_2 за τ_2 , остановилась,

остыла вниз с ускорением a_2 до скорости u

(время спуска $\tilde{\tau}_3 = \frac{u}{a_2} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ (с)}$). За это время она

спустилась от-но ленты: $S_3 = \frac{1}{2} a_2 \tilde{\tau}_3^2 = \frac{6 \cdot 10^2}{2 \cdot 9} = \frac{100}{3}$

1 2 3 4 5 6 7

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

Дано:

Заг. 2 стр. 1

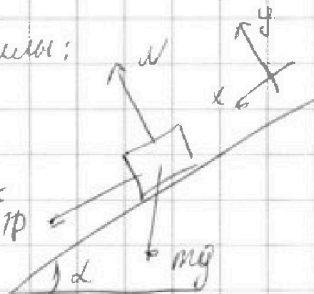
1) Плоский объект,

$\sin d = 0,8$

Силы:

$2,3 \text{ Н}$

$v_0 = 4 \text{ м/с}$



$O_y: N = mg \cos d$

$\mu = 2 \text{ м/с}$

$O_x: F_{тр} + mg \sin d = ma_1$

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

Убедитесь, что $F_{тр} = \mu N$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

Найдем a_1 (a_1 ускорение)

$S = 1 \text{ м}$

$a_1 = \frac{F_{тр}}{m} + g \sin d = \frac{\mu m g \cos d}{m} + g \sin d = g(\mu \cos d + \sin d) =$

1) $T = ?$

Найдем путь, пока коробка движется вверх. Из

2) $L = ?$

кинематике РУА: $0 = v_0 - a_1 t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a_1}$

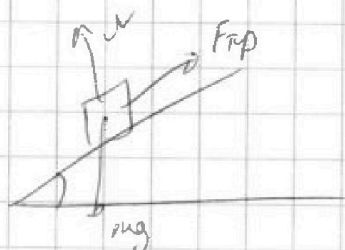
3) $H = ?$

$S_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{v_0^2}{a_1} - \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos d + \sin d)}$

$= \frac{4^2}{2 \cdot 10 \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right)} = \frac{16}{20 \cdot 1} = \frac{4}{5} < 1$, то есть тело пойдет

двигаясь вниз. $H \left| t_1 \right. = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g(\mu \cos d + \sin d)} = \frac{4}{10 \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right)} = 0,4 \text{ (с)}$

Силы (вниз):



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

нашло a_2 (ускорение вниз):

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

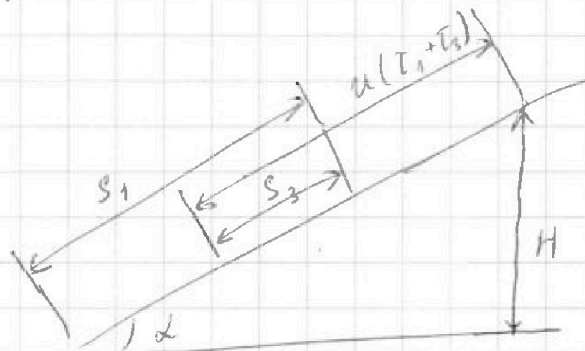
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

Вычисляющая в ИСО Земли:

зад. 2 стр. 3



$$\frac{H}{\sin \alpha} = s_1 - s_2 + u(t_1 + t_2)$$

~~$$H = (s_1 - s_2 + u(t_1 + t_2)) \cdot \sin \alpha = \left(0,8 - \frac{100}{3} + 2\left(0,4 + \frac{10}{3}\right)\right) \cdot 0,8 =$$~~

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

$$H = (s_1 - s_2 + u(t_1 + t_2)) \cdot \sin \alpha = \left(0,8 - \frac{1}{3} + 2\left(0,4 + \frac{1}{3}\right)\right) \cdot 0,8 =$$

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

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

Ответ: 1) $T = 0,85 \text{ с}$.

2) $L = 1,6 \text{ м}$

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

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!

Дано:

v_0, d, μ, g

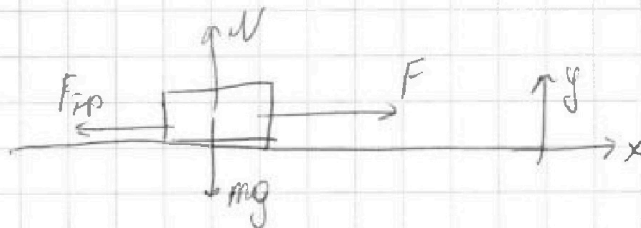
$$F_1 = F_2 = F$$

1) $\mu = ?$

2) $T = ?$

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

1 сур:

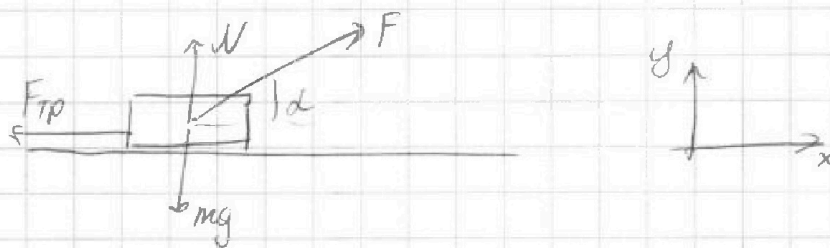


$$\Sigma F_y: 0, N = mg \Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu mg$$

$$\Sigma F_x: F - F_{тр} = ma$$

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

2 сур:



$$\Sigma F_y: 0, N + F \cdot \sin \alpha = mg \Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu (mg - \sin \alpha F)$$

$$\Sigma F_x: F \cos \alpha - F_{тр} = ma$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



заг. 3 стр. 2

Приравняем (1) к |z|:

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

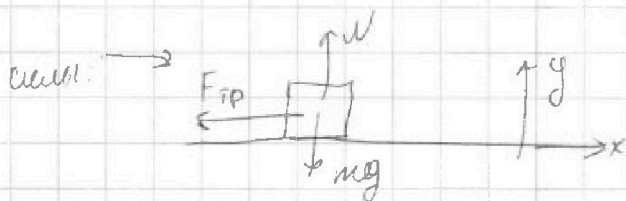
$$\mu mg - \mu \sin \alpha \cdot F - \mu mg = F \cos \alpha - F$$

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

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

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

2) Скорость v_0 до 0 с ускорением a_1 , v_0 кинематика $v_0 = T a_1 \Rightarrow T = \frac{v_0}{a_1}$



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

$$Ox: F_{тр} = m a_1$$

$$(a_1 = \frac{F_{тр}}{m} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g)$$

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



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

$D = 1$
 $T_1 = 400 \text{ K}$

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

рис. 4 стр. 1

1) $A_{12} = ?$

1) $1-2^{\circ}$ $c = 2R$; $T_1 = T_1$, $T_2 = 4T_1$

2) $\eta = ?$

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

$pV^n = \text{const}$; $\eta = \frac{c - c_p}{c - c_v} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-\frac{1}{2}R}{+\frac{1}{2}R} = -1$

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

~~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

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

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

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

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!



12009.4 стр. 2

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

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

2) 2-3: $c = 0,5R = \text{const}$; $T_3 = 2^{1,5} T_1 \Rightarrow T_3 = 2^{1,5} T_1$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

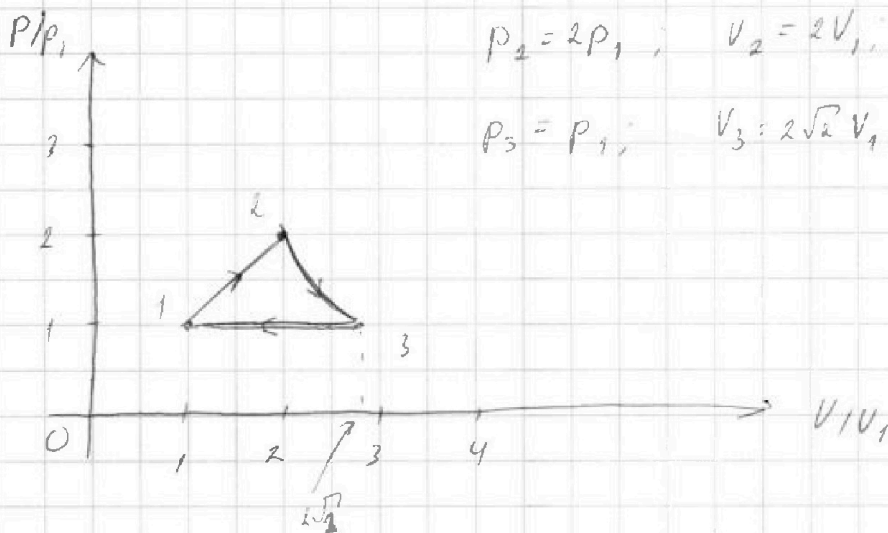
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



4) График:



$p_1 = p_1 ; V_1 = V_1 ; T_1 = T_1$

$p_2 = 2p_1 ; V_2 = 2V_1 ; T_2 = 4T_1$

$p_3 = p_1 ; V_3 = 2\sqrt{2}V_1 ; T_3 = 2^{1.5}T_1 = 2\sqrt{2}T_1$

(заг. 4 стр. 3)

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

2-3: неопределенная кривая

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

Работа +2 равна площади под графиком:

$$A_{12} = S_{\text{гр}} = (V_2 - V_1) \cdot \frac{1}{2} (p_1 + p_2) = (2V_1 - V_1) \cdot \frac{1}{2} (p_1 + 2p_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

Менделеев-Клапейрон: $p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow A_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1$

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

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

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

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

МФТИ

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



зад. 4 стр. 4

$$1.2 \quad Q_{23} = c_{23} \int \sum dT = c_{23} \int (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R \cdot \int (2^{1,5} T_1 - 4T_1) =$$
$$= \int R T_1 \cdot (\sqrt{2} - 2)$$

dT - в каждый момент времени меньше нуля, то есть весь процесс протекает в действительности отводимый, т.е. Q_{23} в Q_v .

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

Аналогично Q_{31} в Q_k .

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

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

$$= \frac{\sqrt{2} - 2 + 2,5 - 5\sqrt{2}}{6} + 1 = \frac{0,5 - 4\sqrt{2} + 6}{6} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} \approx \frac{6,5 - 5,6}{6} = 0,15$$

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

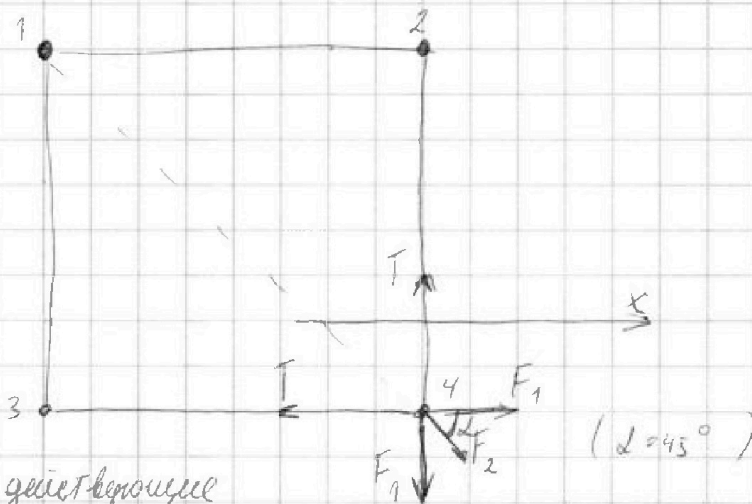
зад. 5 стр. 1

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

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

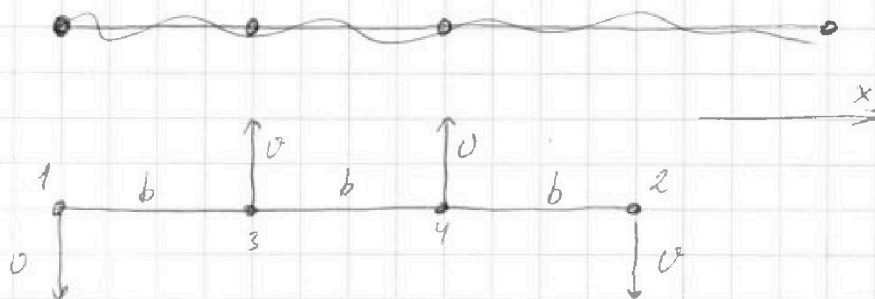
1 2 3 4 5 6 7

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 верев 3СЦ, т.к. скорости крайних шариков направлены вниз, то скорость «центральных» шариков направлена вверх. Принимаем ось x симметрично и перпендикулярно каждой из скоростей направлена \perp оси x .
 Так же для системы верев 3СЗ. Рассчитываем изменение энергии только между шариками 1 и 2 (было b стало $3b$), между 3 и 2 и 1 и 4 (было $2b$ стало $2b$), все другие расстояния равны b . Значит только это повлияет на энергию.
 $E_k = -\Delta E_{эл}$;

$$E_k = 4 \cdot \frac{m v^2}{2} = 2 m v^2$$

$$\Delta E_{эл} = E_{кон} - E_{нач} = (E_{const} + E_{к12} + E_{к14} + E_{к23}) - (E_{const} + E_{н12} + E_{н14} + E_{н23}) =$$

$$= \frac{kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{2b} - 3 \cdot \frac{kq^2}{b} = \frac{kq^2}{b} \left(\frac{1}{3} + 2 \cdot \frac{1}{2} - 3 \right) = -\frac{5}{3} \cdot \frac{kq^2}{b}$$

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!



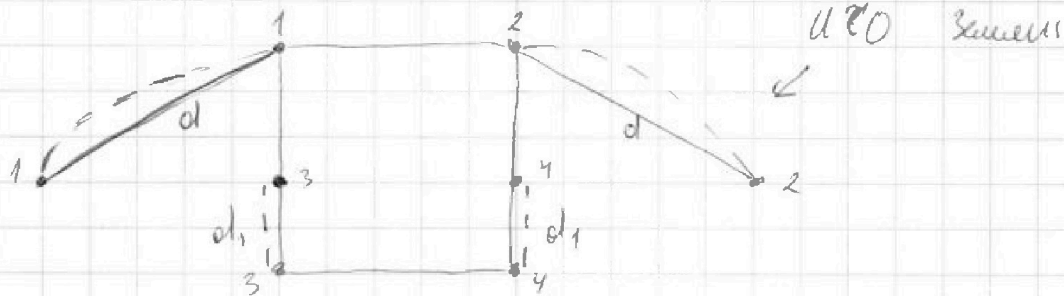
$$2m v^2 = \frac{5}{3} \frac{kq^2}{b} = \frac{5}{3} \cdot \frac{kq^2}{b}$$

заг. 5 стр. 3

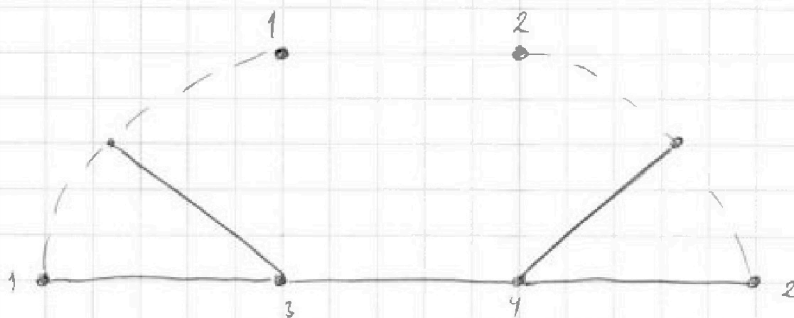
~~$$v = \frac{10}{3} \frac{kq^2}{b}$$~~

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

3)



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



Ничего, кроме крайних траекторий эта ИТО не даёт.

В промежуточный момент:

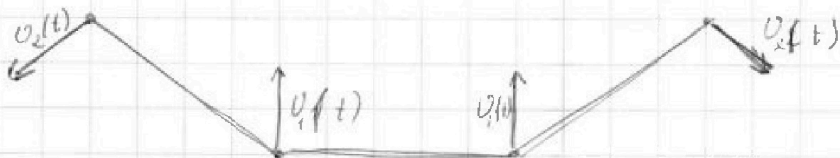


рисунок скоростей.

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

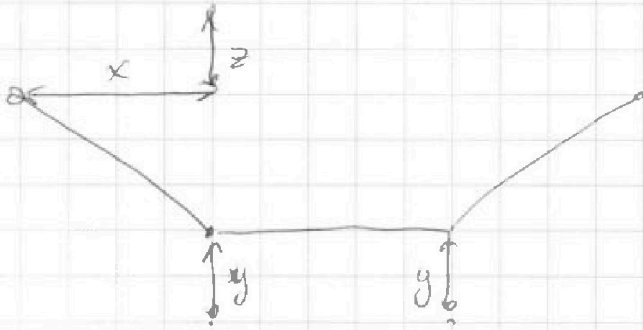
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



зад. 5 ср. 5

Путь ш. 3 смещая вверх на y ,

ш. 3 - влево на x , а вниз на z



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

Запишем (1) как $\sin \beta$, выразим T , подставим в (2)

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

$$m a_y \cdot \operatorname{tg} \beta + \frac{k q^2}{\rho^2} \cdot \sin d \cdot \operatorname{tg} \beta + \frac{k q^2}{b^2} \cdot \cos \beta - \frac{k q^2}{\rho^2} \cdot \cos d - \frac{k q^2}{\rho^2} \cdot \frac{k q^2}{b^2} \cdot \cos \beta = m a_x$$

$$m (a_y \cdot \operatorname{tg} \beta - a_x) = k q^2 \left(\frac{1}{\rho^2} + \frac{1}{\rho^2} \cdot \cos d - \frac{1}{\rho^2} \cdot \sin d \cdot \operatorname{tg} \beta \right)$$

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

Ускорения в начале и в конце нет; $d = 45^\circ$ в нач и $d = 0^\circ$ в

конце; $\beta = 90^\circ$ в нач и 0° в кон;

Реально зашло в тупик.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



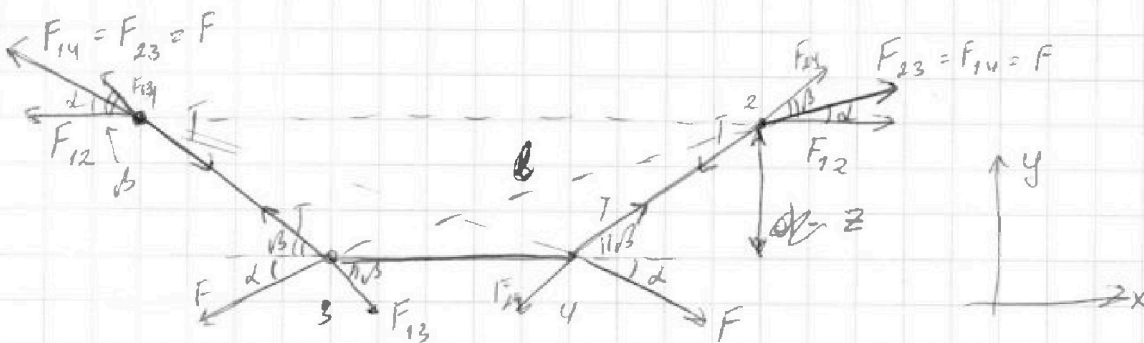
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



рисунок см.

заг. 5 стр 4

Сфера в поле - вращается нет, поэтому все массы соединены
и на ш. 3 и ш. 4 можно не рисовать.



Смысл м/у 3 и 4 ш. не рисовал, т.к. они не влияют
на O_y для 3 ш. Пусть ℓ - радиус ш. 3 и 2.

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

Пусть ℓ - радиус ш. 3 и 2.

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

23Н на O_x для 1 ш.

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

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

Пусть ρ - расстояние м/у ш. 1 и ш. 2.

Теперь выразим ℓ и ρ ч/з углы α и β , b, d, d_1 ,

затем просуммируем и всё 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:

$$\frac{P_1^2}{T_1^3} = \frac{P_2^2}{T_2^3} \quad P_2 = \sqrt{\frac{T_2^3}{T_1^3}} \cdot P_1$$

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

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

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

ч. 1,42

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



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



Черновик

$$\operatorname{tg} = \frac{\sin}{\cos}$$

$$\sin = \cos \operatorname{tg}$$

$$\cos^2 = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 + 1}$$

$$\cos^2 \operatorname{tg}^2 + \cos^2 = 1$$

$$\operatorname{tg}^2 = \frac{1}{\cos^2} - 1$$

$$\cos^2$$

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

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

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

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

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

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

$$\frac{2S}{v_0} = \frac{2 v_0 \sin d}{g}$$

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

$$\sin d = \frac{g S}{v_0^2} = \frac{10 \cdot 10}{20^2} = 0,25$$

$$d = 20 \cdot \arcsin \left(\frac{1}{4} \right) - \frac{1}{2} g \cdot \frac{20^2}{10^2} = \frac{g}{4}$$

$$\sin \frac{\pi}{2} \quad \cos \frac{\pi}{2}$$

$$= \frac{20}{\sqrt{17}} \cdot 5 - \frac{g}{4} \cdot \text{max}$$

$$20 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} - 5 \cdot \frac{10^2}{20^2 \cos^2 d} = \frac{20}{\sqrt{3}} - \frac{5 \cdot 4}{3}$$

2