



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.

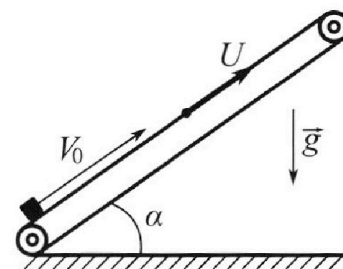
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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 как ом 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<sup>2</sup>. 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.

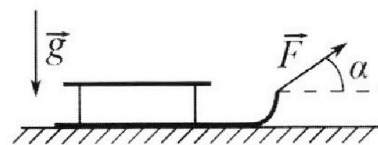
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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  $\mu$  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.



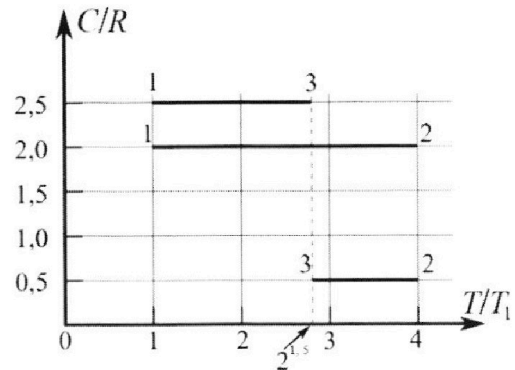
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



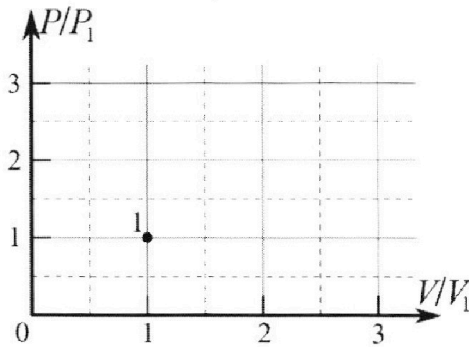
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



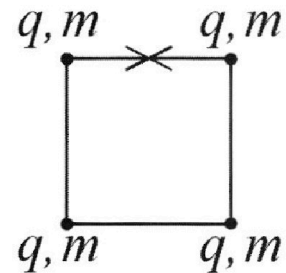
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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!



$$1) \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

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

$$v = 0 (H_{\max} - \text{и хч остаются})$$

$$\text{ОУ: } 0 = v_0 - gT$$

$$T = \frac{v_0}{g}; \quad v_0 = gT = 20 \cdot 10 \text{ м/с} = 20 \text{ м/с}$$

$$2) \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \quad (*)$$

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

$$(1) \text{ ОХ: } S = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$\Leftrightarrow \cos \alpha = \frac{S}{v_0 t} \quad \Leftrightarrow \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{S^2}{v_0^2 t^2}}$$

$$(1) \text{ ОУ: } H = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} \quad \Leftrightarrow \sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$$

$$H = v_0 t \cdot \sqrt{1 - \frac{S^2}{v_0^2 t^2}} - \frac{g t^2}{2}$$

$$H + \frac{g t^2}{2} = v_0 t \cdot \sqrt{1 - \frac{S^2}{v_0^2 t^2}} \quad (**2)$$

$$H^2 + H g t^2 + \frac{g^2 t^4}{4} = v_0^2 t^2 \left(1 - \frac{S^2}{v_0^2 t^2}\right)$$

$$H^2 + H g t^2 + \frac{g^2 t^4}{4} = v_0^2 t^2 - S^2$$

$$t^4 + \frac{4}{g^2} (H g - v_0^2) t^2 + \frac{4}{g^2} (H^2 + S^2) = 0$$

$t^2 = e$ , т.к. всегда положительный, то  $\exists t \Rightarrow e > 0$ , значит

$$D \geq 0$$

$$e^2 + \frac{4}{g^2} (H g - v_0^2) e + \frac{4}{g^2} (H^2 + S^2) = 0$$

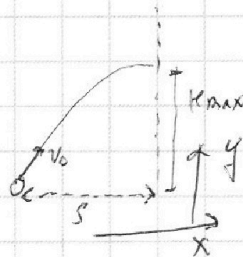
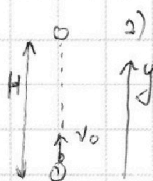
$$D = 0 = \frac{16}{g^4} (H g - v_0^2)^2 - \frac{16}{g^2} (H^2 + S^2)$$

$$g^2 H^2 - 2 v_0^2 g H + v_0^4 = H^2 g^2 + S^2 g^2$$

$$H = \frac{v_0^4 - S^2 g^2}{2 v_0^2 g} = \frac{20^4 - 20^3 \cdot 10^2}{2 \cdot 20^2 \cdot 10} = \frac{20^2 - 10^2}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $v_0 = 20 \text{ м/с}$ ; 2)  $H = 15 \text{ м}$

ИП



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

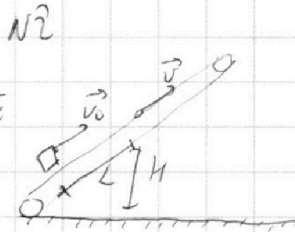
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Заметим, что когда  $v_0$  становится  
скорость тела становится равной  
скорости конвейера, сила трения  
меняет направление.



$$v_k = 2 \text{ м/с}; v_0 = 4 \text{ м/с}, H, L \rightarrow v_k = 2 \text{ м/с}$$

$$H = L \cdot \sin \alpha$$

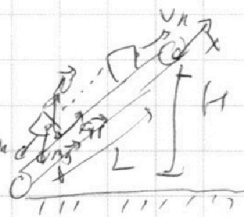
$$\frac{v_0^2}{2} \cdot m = \frac{v_k^2}{2} \cdot m + F_{\text{тр}} \cdot L + mgH \quad (3 \text{ кбб})$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{v_k^2}{2} + gL \cos \alpha + L \sin \alpha g$$

$$L = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2g(\sin \alpha + \cos \alpha)} = \frac{4^2 - 2^2}{2 \cdot 10 \left( \cos \alpha + \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right)} = \frac{16 - 4}{20} = 0,6 \text{ м}$$

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

$$\text{ОХ: } ma' = mg \sin \alpha - mg \cos \alpha \mu = 6 \text{ м/с}^2$$



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

$$\Phi X: 2 = 4 + 6 \cdot t / 6 \Rightarrow t = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{ с}$$

$$L' = a' \left( \frac{t^2}{2} - v_0 t \right); L' = 6 \cdot \left( \frac{(\frac{2}{3})^2}{2} - 2 \cdot \frac{2}{3} \right) = \frac{6 \cdot 16}{18} - \frac{8}{3} = \frac{16}{3} - \frac{8}{3} = \frac{8}{3} \text{ м}$$

$$L' = a' \left( \frac{t^2}{2} - v_0 t \right); L' = 6 \cdot \left( \frac{4}{2} - 2 \cdot \frac{4}{3} \right) = 6 \cdot \left( 2 - \frac{8}{3} \right) = 6 \cdot \left( -\frac{2}{3} \right) = -4 \text{ м}$$

Пересадка в СО конвейера.  $v_{\text{СО}} = 0 \text{ м/с}$   
 $2 = 0 + \frac{a}{2} t =$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{TP}} \quad (\text{II ЗН})$$

$$\text{OY: } mg = N \cdot \cos \alpha$$

$$\text{OX: } N = mg \cos \alpha$$

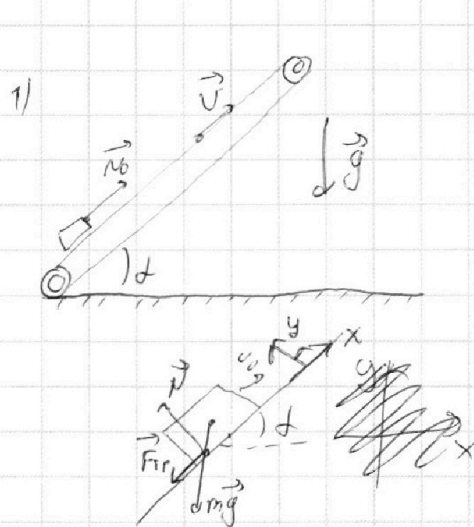
$$\text{OX: } ma = mg \sin \alpha + F_{\text{TP}}$$

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

$$a = g(\cos \alpha N + \sin \alpha)$$

$$\sin \alpha = 0,8; \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$$

$$a = 10 \cdot (0,6 \cdot \frac{1}{3} + 0,8) = 10 \text{ м/с}^2$$



1) посчитаем время движения до остановки:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t; \quad v = v_0 + at + \frac{a^2 t^2}{2}$$

$$\text{OX: } t_{\text{BB}} = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

$$S_{\text{верх}} = v_0 t - \frac{a t^2}{2} = 4 \cdot 0,4 - \frac{10}{2} \cdot 0,16 = 0,8 \text{ м} < S = 1 \text{ м}$$

$$S_{\text{низ}} = S - S_{\text{верх}} = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ м}$$

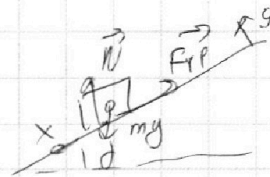
$$m\vec{a}' = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{TP}} + \vec{N}$$

$$\text{OX: } ma' = mg \sin \alpha - mg \mu \cos \alpha; \quad a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) =$$

$$= 10 \cdot (0,8 - 0,6 \cdot \frac{1}{3}) = 6$$

$$S_{\text{низ}} = \frac{a'^2 t^2}{2}; \quad t_{\text{BH}} = \sqrt{\frac{2S_{\text{низ}}}{a'}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \text{ с} = 0,82 \text{ с}$$

$$T = t_{\text{BB}} + t_{\text{BH}} = 0,4 + 0,82 \approx 1,22 \text{ с}$$



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!



$v_2$

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

$$0x: 2 = -2 + at \quad \otimes$$

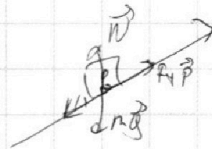
$$t = \frac{2}{3c}; L_1 = \frac{at^2}{2} - v_0 t$$

$$L_2 = L_1 + L_{\text{кон}} = -\left|\frac{at^2}{2} - v_0 t\right| + v_0 t = \left|\frac{6 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^2}{2} - \frac{2}{3}\right| = +\frac{4}{3} \text{ м}$$

$$L_2 = L_1 + L' = \frac{4}{3} + 0,6 = 1,93 \text{ м}$$

$$3) L'_1 = 0,6 \text{ м}$$

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



$$0x: v''(v_0 - v) = t \cdot a$$

$$t = \frac{4-2}{6} = \frac{2}{3} \text{ с}$$

$$\Delta L = v_0 t - \frac{at^2}{2} = 2 \cdot \frac{1}{3} - \frac{6 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2}{2} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$r = (L' + \Delta L) \sin \alpha = \left(0,6 + \frac{1}{3}\right) \cdot 0,8 = 0,93333 \text{ м} \approx 0,74 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $T \approx 1,22 \text{ с}$ ; 2)  $L_2 = 1,934$ ; 3)  $r = 0,74 \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

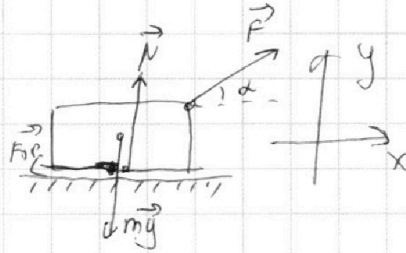
**МФТИ**

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

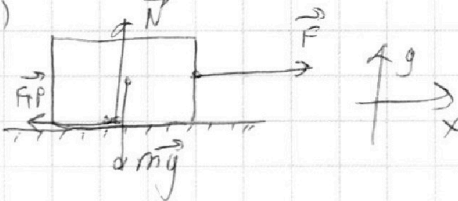


I 1)  $m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} \quad (1) \quad \sqrt{3} \quad 1)$

OY:  $mg = N + F \cdot \sin \alpha$   
 $N = mg - F \sin \alpha$



OX:  $ma = F \cdot \cos \alpha - F_{\text{тр}} \quad 2)$   
 $F_{\text{тр}} = \mu N$



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

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

2)  $m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} \quad (1) \quad 3) \quad 4)$

OY:  $mg = N$

OX:  $ma = F - F_{\text{тр}} = F - \mu N = F - \mu mg$   
 $F_{\text{тр}} = \mu N$   
 $ma + mg \mu = F \quad (2)$

~~$(1) \wedge (2) \Rightarrow (1) \wedge (2) : F(\cos \alpha + \sin \alpha) \mu = ma + mg \mu = F$~~

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

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

$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} \quad (1) \quad 3) \quad 4)$

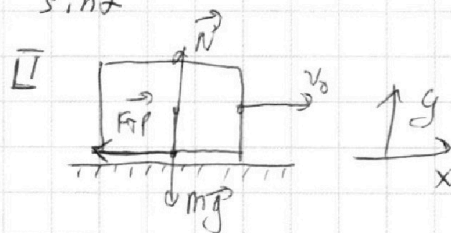
OY:  $mg = N$

OX:  $ma = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \Leftrightarrow a = \mu g$

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

OX:  $0 = v_0 - \mu g T \Leftrightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ ; 2)  $T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$



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!

$$c_v = \frac{i}{2} R \Rightarrow c_v = \frac{3}{2} R, c_p = c_v + R = \frac{5}{2} R \quad \text{13-изобара}$$

$$c = \text{const} \Rightarrow pV^\gamma = \text{const}$$

$$dQ = dU + dA$$

$$c dT = c_v dT + p dV$$

$$c = c_v + \frac{p dV}{p dV + V dp} R$$

$$f = + \frac{p dV}{p dV + V dp} \frac{R}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = \frac{c_p - c_v}{\gamma} = \frac{c_p - c_v}{\frac{c_p}{c_v}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} pV^\gamma = \text{const} \\ pV = cRT \end{array} \right. \Rightarrow \frac{T}{V} = \text{const}$$

$$1) A_{12} = -A_{21} = -2R \cdot 1200^\circ \approx -19,6 \text{ кДж}$$

$$13: T_1 = 400^\circ; T_3 = 2 \cdot 400^\circ = 800^\circ$$

$$2) Q_{12} = Q_{13}$$

$$A_{23} = -c_{23}(T_3 - T_2)$$

$$A_{31} = -c_{31}(T_3 - T_1)$$

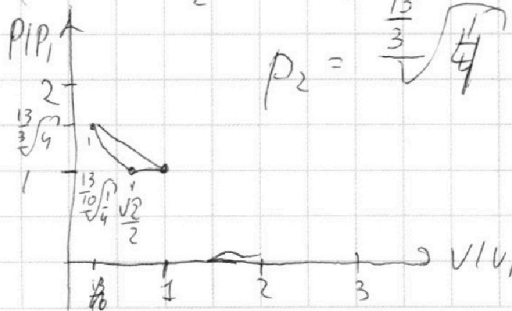
$$p_3 = p_1$$

$$A_{12} = -c_{12}(T_2 - T_1)$$

$$\eta = \frac{A_{23} + A_{31} + A_{12}}{Q_{12}} = 12\% \quad T_1 = 400^\circ; T_3 = 800^\circ$$

$$= \frac{203 \cdot 400 - 400(2\sqrt{2}-1) - \frac{1}{2} \cdot 400(4-2\sqrt{2})}{75 \cdot 400 \cdot (2\sqrt{2}-1)} \quad T_1 \cdot V_1^{\frac{13}{10}} = T_2 \cdot V_2^{\frac{13}{10}} \Rightarrow V_2 = \sqrt[10]{\frac{13}{4}}$$

$$= \frac{10 - 2\sqrt{2}}{10\sqrt{2}-5} = \frac{2\sqrt{2}-2}{35} \approx 80\%$$



Ответ: 1)  $A = -19,6 \text{ кДж}$ ;

2)  $\eta \approx 80\%$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

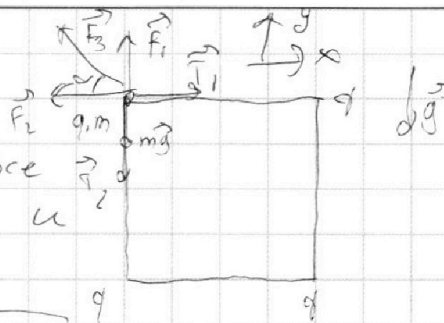
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



$$\vec{0} = m\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{T}_1 + \vec{T}_2$$



1) Т.к. картинка симметричная, то все  $\vec{g}$  достаточно рас-ть 1 шарик и 1 квадратике кванта

Ох:  $T = F_2 + F_3 \cdot \cos\alpha$ ;  $\cos\alpha = \frac{b^2}{\sqrt{b^2+b^2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$T = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{b^2} \cdot \left( \frac{4+\sqrt{2}}{4} \right) \approx 1,35 \frac{kq^2}{b^2}$$

2) Т.к. шарик 1 и 4 симметричны и движутся по окр. относительно шаров 2 и 3, то у шаров 2 и 3 нет 2 и 3 скорости только удовлетворяют скорости по ОФ.

Шарик 1 движется по окружности отн. центра 3 (и так же про все ост.)

Если у 3 шара 3 скорость, то перейдем в его систему отсчета. Тогда шар 1 не движется по окружности (изменение вектора скорости) пробы вращение шар 3 и 4 поворачивает.

$$m\vec{a}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{T}$$

Оу:  $ma_1 = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{4b^2} + \frac{kq^2}{8b^2} = \frac{49kq^2}{36}$

$a_{12} = \frac{49kq^2}{36b^2m}$

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

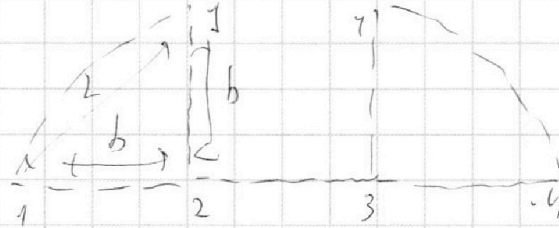
**МФТИ**

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

$$a = \frac{v^2}{R} \text{ (ошк 3 шара)}$$

$$\frac{49 \text{ kg}^2}{36 \text{ B}^2 \text{ m}} = v^2 \Rightarrow v_1 = \frac{79}{6} \sqrt{\frac{\text{K}}{\text{Bm}}}$$

$$3) L = \sqrt{2b^2} = \sqrt{2}b$$



Ответ: 3)  $L = \sqrt{2}b$

$$2) v_1 = \frac{79}{6} \sqrt{\frac{\text{K}}{\text{Bm}}}$$

$$3) T = 1,35 \frac{\text{kg}^2}{\text{B}^2}$$

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!

$$c_v = \frac{3}{2}R; c_p = c_v + R = \frac{5}{2}R \Rightarrow 13 - \text{Азобара}$$

$$12, 32 \quad c = \text{const} \Rightarrow \begin{cases} pV^\gamma = \text{const} \\ pV = \nu R T \end{cases} \Rightarrow T \cdot V^{\gamma-1} = \text{const}$$

$$\gamma = \frac{c}{R}$$

$$\begin{cases} T_1 = 400^\circ \\ T_2 = 1600^\circ \\ T_3 = 2\sqrt{2} \cdot 400^\circ \end{cases}$$

$$12: \quad T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_2^{\gamma-1} \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \sqrt[\gamma-1]{\frac{T_1}{T_2}} = V_1 \cdot \frac{1}{4}$$

$$23: \quad V_2 = V_3 \cdot \sqrt[\frac{3}{2}-1]{\frac{T_3}{T_2}} = \frac{4}{2\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}}$$
$$V_2 = \frac{1}{4} \cdot 2\sqrt{2}V_1 = \frac{\sqrt{2}}{2}V_1$$

$$12: \quad p_1 \cdot V_1^\gamma = p_2 \cdot V_2^\gamma$$

$$\omega = c_V$$

$$c_V = c_p - \frac{p dV}{p dV + V d p} R$$

$$pV^{\frac{3}{2}} = \text{const} \quad \frac{3}{2} - \frac{5}{2}$$

$$T \cdot V^{\frac{3}{2}-1} = \text{const}$$

$$c_v - c_p = \sigma$$

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!



$pV^{\gamma} = \text{const}$   
 $pV = \text{const}$   
 $T \cdot V^{\gamma-1} = \text{const}$   
 $V^{\frac{3}{2}} = V^{\frac{3}{2}}$

$T_0 V = 4 \cdot 10^3$   
 $p = V = \text{const}$

$F = \frac{1}{(2h+b)^2}$       $F = \frac{1}{b^2 + (h+b)^2 + b^2 - h^2} =$   
 $\frac{1}{2b^2 + 2bh}$

$\cos \alpha = \frac{h}{b}$       $0,25 \approx \frac{1}{4}$   
 $\frac{5,4}{4} \approx 1,25$       $\cos \alpha = \frac{(b+h)^2}{2b^2 + 2bh}$

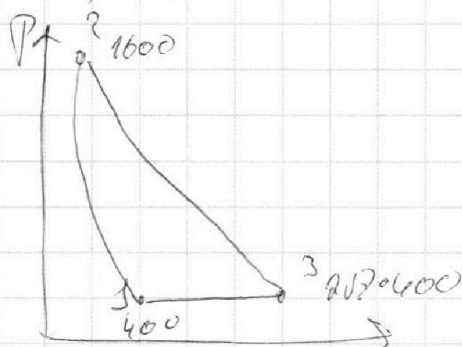
$\frac{1}{4} \cdot \frac{1,4}{9}$   
 $\times \frac{24}{24}$       $0,35$   
 $\frac{33,24}{1662}$   
 $\frac{15944}{15944}$

$fA = \int A + fU$

$c \cdot dT = c_V dT +$

$c = c_V + \frac{pdV}{pdV + Vdp} R$   
 $c_V = \frac{1}{2} R = \frac{3}{2} R, \quad c_p = \frac{5}{2} R$

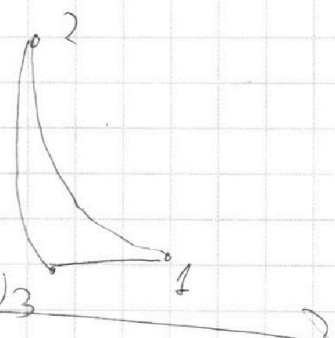
$A_{12} = -dU = -2R(1600 - 400) =$   
 $= -2400R \approx -19,9 \text{ kJ}$



$A = \frac{5}{2} \cdot (2\sqrt{2} - 1) + 0,5(4 - 2\sqrt{2}) =$   
 $= 400 \cdot (5\sqrt{2} - \frac{5}{2} + 2 - \sqrt{2}) =$   
 $= 400 \cdot (4\sqrt{2} - \frac{1}{2}) - 2 \cdot 1200$

$Q = \frac{5}{2}(2\sqrt{2} - 1) \cdot 400$

$400 \cdot (4\sqrt{2} - 0,5) \cdot 3$



V

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!



$x = 2b \cos \alpha$   
 $b^2 = x^2 + b^2 - 2xb \cos \alpha$   
 $0 = 2xb \cos \alpha$   
 $x =$   
 $a = \frac{2kg^2}{2b^2 - 2b^2 \cos \alpha} \cdot \cos \alpha \sin \alpha =$   
 $= \frac{2kg^2}{2b^2(1 - \cos \alpha)} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$   
 $a = \frac{2kg^2}{4b^2 \cos^2 \alpha} \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$   
 $\frac{5}{2} - \frac{3}{2} = 1$   
 $\frac{12 - 15 - 10}{10} = \frac{-13}{10}$

Diagram: A particle of mass  $m$  is on a curved surface. The vertical height is  $b$ . The angle between the vertical and the surface is  $\alpha$ . The horizontal distance from the vertical line to the particle is  $x$ . The radius of curvature is  $R$ . The angle between the radius and the vertical is  $2\alpha$ . The angle between the radius and the surface is  $90^\circ - \alpha$ . The angle between the surface and the horizontal is  $\alpha$ . The angle between the surface and the vertical is  $45^\circ$  and  $0^\circ$ . The angle between the surface and the horizontal is  $\cos \alpha$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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



№7

$\rho = 3$ ,  $c_{13} = \frac{5}{2}R$ ;  $c_V = \frac{1}{2}R = \frac{3}{2}R$ ;  $c_p = c_V + R = \frac{5}{2}R \Rightarrow$   
 $\Rightarrow 13$ -изобара;  $12, 32$  - изохора  $\Rightarrow$

$\Rightarrow A_{12} = -pV_{12} = -2R \cdot \Delta T = -2 \cdot 8,31 \cdot (4-1) \cdot 400^\circ\text{K} = -19,9 \text{ кДж}$

$Q_{12} = Q_{13} = c_{13} \cdot \Delta T$ ;  $Q_{23} = Q_{12} = 0$   
 (изохора)

$A_{23} = -p_{23}(T_3 - T_2) = p_{23}(p_2 - p_3)$

$A_{31} = -c_{31}(T_3 - T_1) = c_{31}(T_1 - T_3)$

$A_{12} = -c_{12}(T_2 - T_1)$

$\eta = \frac{A_{23} + A_{31} + A_{12}}{Q_{12}} = \frac{2 \cdot 0,3 \cdot 400 - 400(2\sqrt{2}-1) - \frac{1}{2} \cdot 400(2\sqrt{2}-2\sqrt{2})}{2 \cdot 0,3 \cdot 400(2\sqrt{2}-1)}$

$= \frac{6 - 2\sqrt{2} + 1 - 2 + \sqrt{2}}{\frac{5}{2}(2\sqrt{2}-1)} = \frac{10 - 2\sqrt{2}}{10\sqrt{2}-5} = \frac{(10-2\sqrt{2})(10\sqrt{2}-5)}{200-25} =$

$= \frac{100\sqrt{2} - 50 + 40 + 10\sqrt{2}}{175} = \frac{110\sqrt{2} - 10}{175} = \frac{22\sqrt{2} - 2}{35} \approx 80\%$

~~$pV = \text{const}$  (изобара)~~

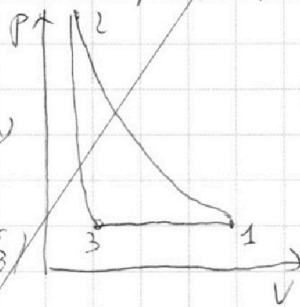
$pV^\rho = \text{const}$  (Адиабата)

~~$p = \text{const}$ :~~

$\rho = 3$   $\left\{ \begin{array}{l} pV = \text{const} \\ pV^\rho = \text{const} \end{array} \right. \Rightarrow V T = \text{const}$

$V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{4} V_1$

(по АЗАР)  
↑ РАЧКА



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!



$\delta = UR$

$\rho U = cT$

$cU = \frac{3}{2} R, (p = \dots)$

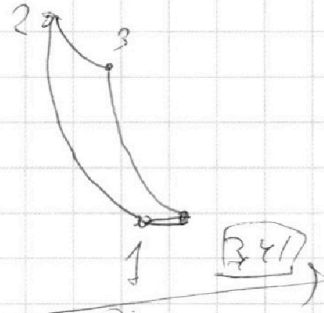
1)  $A = 0U$

$a = cT$

$A = c\delta T = 2 \cdot R_0 (1600 - 400)$

$= 24000 \text{ J, 31}$

$\rho U \delta$   
 $a = cT$

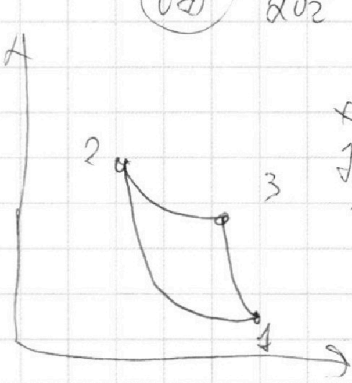


$A_{12} = -2R_0 p_{00}$

$A_{23} = +2R_0 (400 \cdot 1600 - 2^{1,5})$

$A_{13} = +2,5 (2^{1,5} \cdot 400 - 400)$

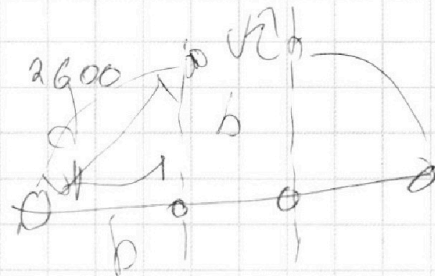
$2 \cdot 2^{1,5} \cdot 400 + 800 - 1000 - 2400 \text{ J}$



$\frac{14}{30} = \frac{29}{35}$

$a = m = \frac{49}{36} \frac{kg}{b^c}$

$8000 \cdot 2^{1,5} - 2600$



$\frac{10 - 34}{9} = \frac{82}{y}$

$U = \sqrt{ab} = \sqrt{\frac{49 \cdot 49}{36 \cdot mb}} = \frac{79}{6} \sqrt{\frac{K}{mb}}$

$O_{\Sigma} = 2R_0 \delta T =$

$\frac{1}{3} \cdot 6 + \frac{1}{3} \cdot 6 = 0,36 \cdot 10$

$L = 20 \frac{1}{3} - \frac{60 \cdot 4}{802} = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{1}{3}$

$C = \frac{3}{2} R + \frac{pdU}{pdU \cdot R} = \frac{5}{2} R$

$\rho = 140L$   
 $15L = 7\mu$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

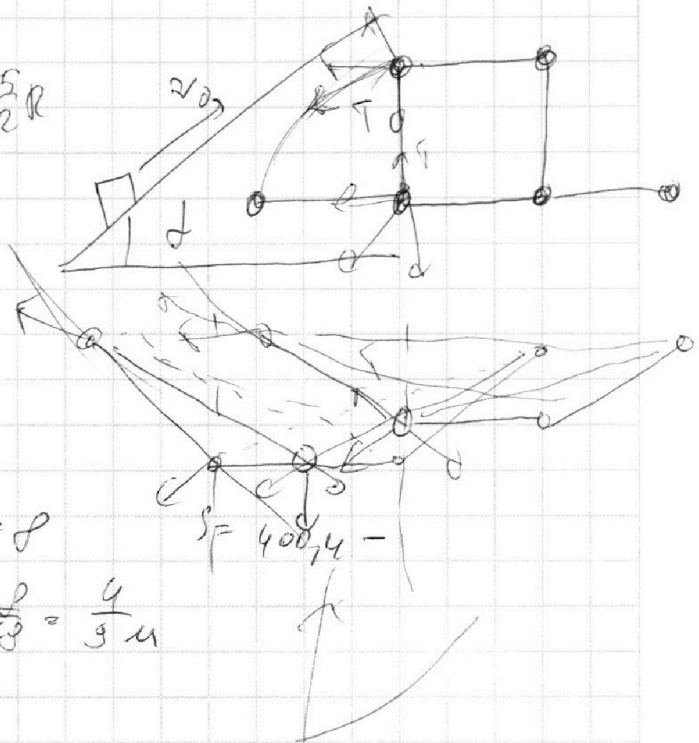
**МФТИ**

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



$$\sin \alpha = 0,8; \cos \alpha = 0,6$$

$$0 = g = 10 \quad v = \frac{3}{2} R; r = \frac{5}{2} R$$



$$\frac{v^2}{2} = \Delta s \cdot a_{\text{пр}} + g \Delta s \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{v^2}{2} = 1,5 \Delta s \cdot 10$$

$$\frac{1,41}{1,73}$$

$$1,5 \Delta s = \frac{16}{2} = 8$$

$$\Delta s = \frac{8}{1,5} = \frac{4}{3} \text{ м}$$

$$t = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

$$s = \frac{a t^2}{2}$$

$$t = \frac{10}{g} = \frac{10}{10} = 1 \text{ с}$$

$$t = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$T = t + t^2 = \frac{1}{3} + \frac{4}{10} = \frac{22}{30} \approx 0,73 \text{ с}$$

$$\frac{4^2}{2} = 1,5 \Delta s + \frac{2^2}{2}$$

$$6 = 1,5 \Delta s; \Delta s = \frac{4}{3} \text{ м}$$

$$1,41$$

$$= \sqrt{2}$$

$$\frac{1,73}{1,5}$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ + 173 \\ \hline 1384 \\ + 173 \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

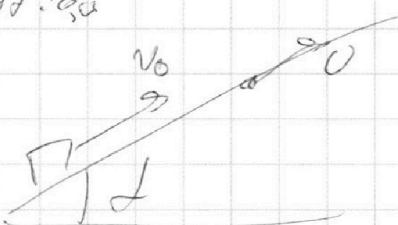
1  2  3  4  5  6  7



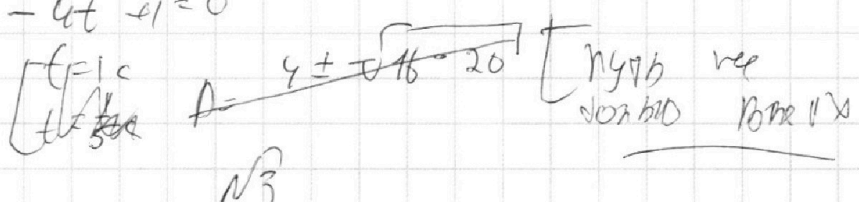
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha = N$   
 $\cos \alpha = 0,6; \sin \alpha = 0,8$   
 $a = g \cos \alpha + g \sin \alpha$   
 $a = g(\cos \alpha + \sin \alpha) = 10$   
 $s = v_0 t - \frac{at^2}{2}$   
 $5t^2 - 4t - 1 = 0$   
 $t = \frac{4 \pm \sqrt{16 + 20}}{10}$



$5t^2 - 4t - 1 = 0$   
 $t = \frac{4 \pm \sqrt{16 + 20}}{10}$



$a_1 = a_2$

$ma = F \cos \alpha - (mg - F \sin \alpha) N$

$ma = F - mgN$

$ma = F \cos \alpha - mgN + F \sin \alpha N$

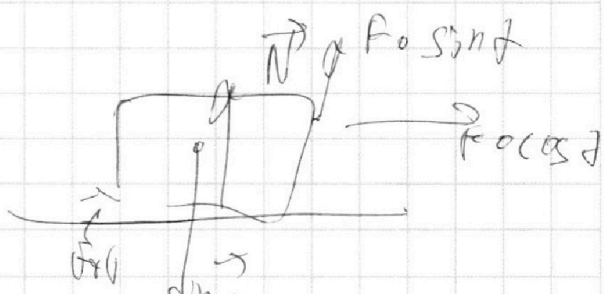
$F = F \cos \alpha + F \sin \alpha N$

$1 = \cos \alpha + \sin \alpha N; N = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

$a = gN; v_0 = t_0 gN$

$v_0 = t_0 g \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

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



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!



$$T = 2\pi c$$

$$\bar{t} = \frac{V}{g} \Rightarrow V = 20 \text{ м/с}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{g}{v_0^2}}$$

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

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

$$H = v_0 \sqrt{1 - \left(\frac{g}{v_0^2}\right)^2} t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H^2 + gHt^2 + \frac{g^2 t^4}{4} = v_0^2 t^2 \left(1 - \frac{g^2}{v_0^2}\right)$$

$$H^2 + gHt^2 + \frac{g^2}{4} t^4 = v_0^2 t^2 - \frac{g^2}{4} t^4$$

$$\frac{g^2}{4} t^4 + gHt^2 - v_0^2 t^2 + S^2 + H^2 = 0$$

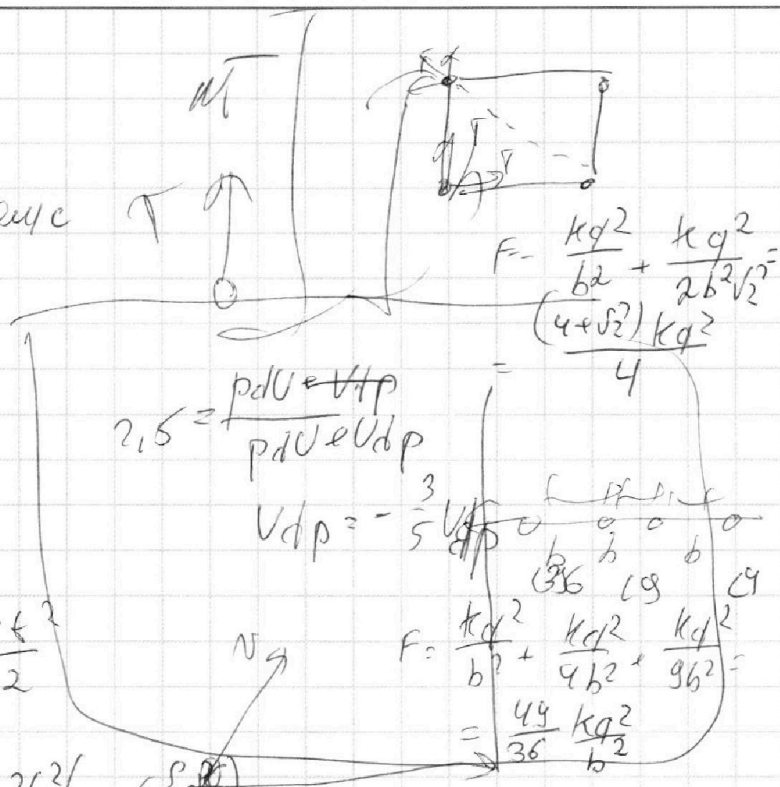
$$x^2 + \frac{gH}{g^2} x + \frac{4}{g^2} (gH - v_0^2) x + \frac{4S^2 + gH^2}{g^2} = 0$$

$$p = 0$$

$$b = \frac{16}{g^4} (gH - v_0^2)^2 - \frac{16}{g^2} (S^2 + H^2) = 0$$

$$\frac{g^2 H^2 - 2gHv_0^2 + v_0^4}{g^2} = S^2 + H^2$$

$$2gHv_0^2 = S^2 g^2 - S^2 g^2 - 2gHv_0^2 + \frac{v_0^4}{g^2} = S^2 \quad H = \frac{v_0^4 - S^2 g^2}{2gH^2}$$



$$F = \frac{kg^2}{b^2} + \frac{kg^2}{2b^2v_0^2} = \frac{(4+g^2)kg^2}{4}$$

$$F = \frac{kg^2}{b^2} + \frac{kg^2}{4b^2} + \frac{kg^2}{9b^2} = \frac{49}{36} \frac{kg^2}{b^2}$$

$$\frac{20^4 - 20^2 \cdot 10^2}{20 \cdot 10 \cdot 20^2} = \frac{20^2 - 10^2}{20} = \frac{400 - 100}{20} = 15 \text{ м}$$