

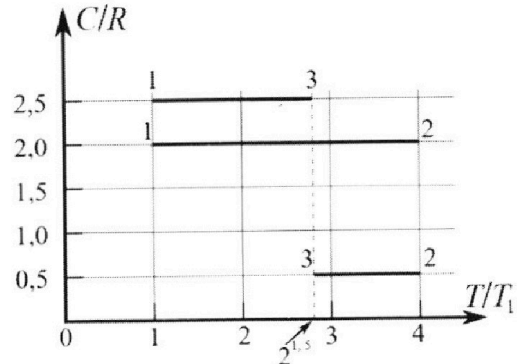
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



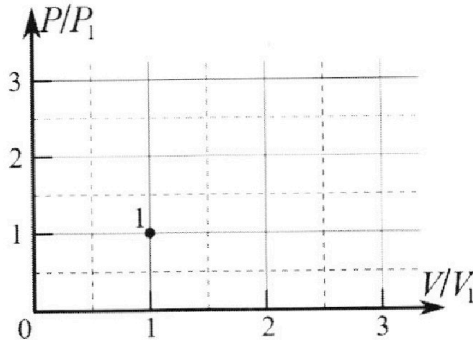
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



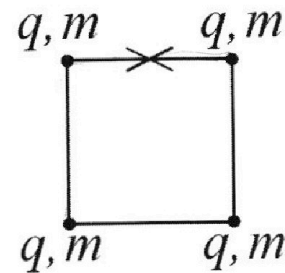
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.



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.

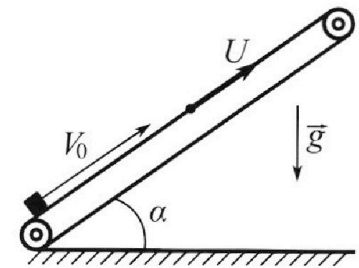
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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 каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<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.

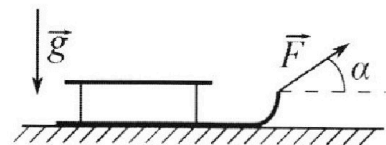
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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.



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!



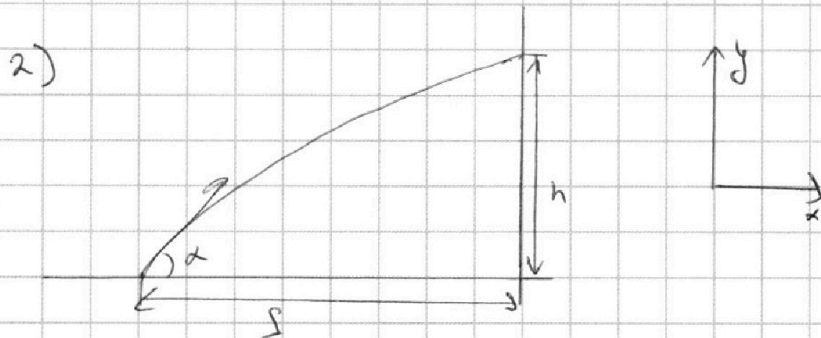
$$1) \quad h = v_0 T - \frac{gT^2}{2}$$

$v = v_0 - gT$ , где  $v$  — конечная скорость шарика

В максимальной точке подъема  $v = 0$

$$\text{Значит: } v_0 - gT = 0$$

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



Запишем уравнение движения шарика ко оси  $y$  и  $x$ :

$$\begin{cases} S = v_0 \cos \alpha t & (1) \\ h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} & (2) \end{cases}$$

из (1):

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \Rightarrow h = S \tan \alpha - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$$

Получили квадратное уравнение относительно  $\tan \alpha$ :

$$\text{Пусть } \frac{gS^2}{2v_0^2} = \beta, \text{ тогда: } h = S \tan \alpha - \beta(1 + \tan^2 \alpha)$$

$$-\beta \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - (\beta + h) = 0$$

$$\beta \tan^2 \alpha - S \tan \alpha + (\beta + h) = 0$$

Возьмем от данного уравнения производную и приравняем к 0:

$$2\beta \tan \alpha - S = 0 \Rightarrow \tan \alpha = \frac{S}{2\beta} = \frac{2v_0^2 S}{2gS^2} = \frac{v_0^2}{gS} = \frac{400}{10 \cdot 20} = 2$$

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

Знают  $h$  будет максимум при  $\tan \alpha = 2$ :

$$h = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha) = 20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} (1 + 4) = 40 - 25 = 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) 20 м/с, 2) 15 м.

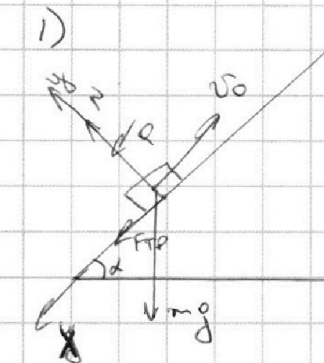
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



$\Delta y:$

$$ma = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

$\Delta y:$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

$$a = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$s = v_0 t_1 - \frac{at^2}{2} = v_0 t_1 - \frac{(\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha) t_1^2}{2}$$

Получим квадратное уравнение относительно  $t$ :

$$\mu g \cos \alpha \cdot t^2 - 2v_0 t + 2s = 0$$

$$(\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha) t_1^2 - 2v_0 t_1 + 2s = 0$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,64} = \sqrt{0,36} = 0,6$$

$$\left(\frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,8\right) t_1^2 - 8 t_1 + 2 = 0$$

$$10 t^2 - 8 t + 2 = 0$$

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

$$D = 16 - 20 = -4 < 0$$

т.к. дискриминант меньше нуля, то коробка не пройдет

путь  $s$ .

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) Расчетовка сил с прошлой пункте не изменилось

Знают ускорение или только можем найти по формуле

$$\text{н.л.} \cdot a = mg \cos \alpha + g \sin \alpha = 10 \text{ м/с}^2$$

$$u = v_0 - at \Rightarrow t_2 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{4 - 2}{10} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ с.}$$

Знают скорость стаяет равна  $u = 2 \text{ м/с}$  через  $t_2 = 0,2 \text{ с.}$

По ленте транспортера относительно земли коробка дви-

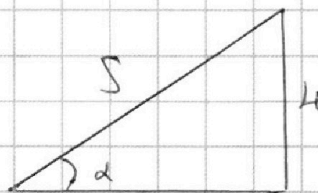
жется со скоростью  $(u + v_0)$ ,

$$L = (u + v_0) t_2 - \frac{at_2^2}{2} = 6 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,04}{2} = 1,2 - 0,2 = 1 \text{ м.}$$

$$3) t_3 = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4$$

$$S_1 = (u + v_0) t_3 - \frac{at_3^2}{2} = 6 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,16}{2} = 2,4 - 0,8 = 1,6$$

$$u = S_1 \cdot \sin \alpha = S_1 \cdot 0,8 = 1,6 \cdot 0,8 = 1,28 \text{ м}$$



ответ: 2) 1 м, 3) 1,28 м.

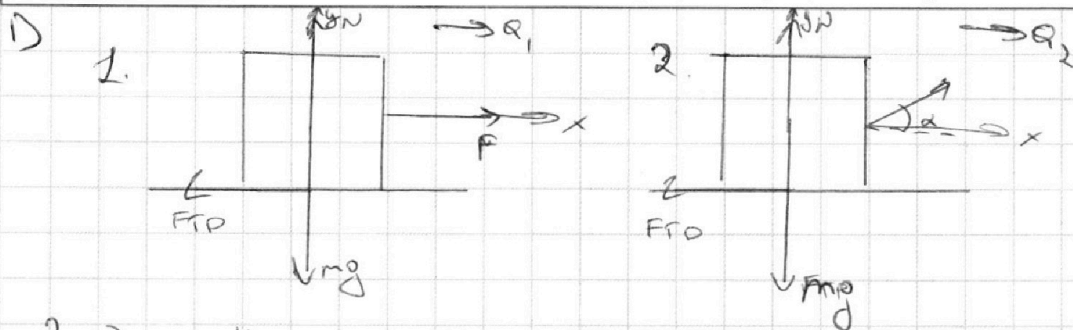
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



2 Закон Ньютона для 1-го случая,

для 2-го:

$$\begin{cases} m a_1 = F - F_{TP1} \\ m g = N \\ F_{TP1} = \mu N \end{cases} \Rightarrow F_{TP1} = \mu m g$$

$$\begin{cases} m a_2 = F \cos \alpha - F_{TP2} \\ N_2 + F \sin \alpha = m g \\ F_{TP2} = \mu N_2 \end{cases}$$

$$F_{TP2} = \mu (m g - F \sin \alpha)$$

$$m a_1 = F - \mu m g$$

$$m a_2 = F \cos \alpha - \mu (m g - F \sin \alpha)$$

$$m a_2 = F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m g$$

т.к. и в 1 и в 2 случае силы действуют в одну сторону

то для любого времени, то  $a_1 = a_2$

$$m a_1 = m a_2$$

$$F - \mu m g = F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m g$$

$$F = F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$$

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

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

$$2) v_0 = a t_k \Rightarrow t_k = \frac{v_0}{a}$$

$$\begin{cases} a_1 = a_2 = a \\ m a = F - \mu m g \quad (1) \\ m a = F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m g \quad (2) \end{cases}$$

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!

$u_3$  (1)

$$F = m(\mu g + a) \quad (3)$$

$u_3$  (3)  $a$  (2)

$$ma = m(\mu g + a)(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg$$

$$a = (\mu g + a)(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g$$

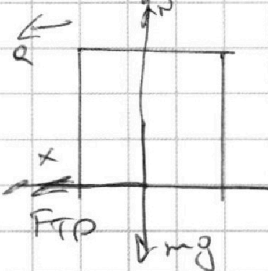
$$a = g\mu \cos \alpha + g\mu^2 \sin \alpha + a \cos \alpha + \mu a \sin \alpha - \mu g$$

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

Значит:

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

2)  $v_0 = at \Rightarrow t = \frac{v_0}{g}$



$$\begin{cases} m \vec{a} = \vec{F}_{TP} \\ N = mg \\ \vec{F}_{TP} = mN \end{cases}$$

$$\vec{F}_{TP} = \mu mg$$

$$m \vec{a} = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



1) Возьмем первое колесо термодинамики для процесса 12:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12}$$

$Q_{12}$  — количество теплоты, полученное газом в процессе 12.

$$Q_{12} = 2R \cdot (\mu T_1 - T_1) = 6RT_1$$

$\Delta U_{12} = \nu C_V \Delta T$ , где  $\nu$  — количество молей газа в процессе с постоянными объемами

т.к. газ одноатомный, то  $C_V = \frac{3}{2}R$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}R \cdot 3T_1 = \frac{9RT_1}{2}$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \frac{12RT_1}{2} - \frac{9RT_1}{2} = \frac{3RT_1}{2} = \frac{3 \cdot 8,31 \cdot 400}{2} \approx \frac{25 \cdot 400}{2}$$

$$= 25 \cdot 200 = 25 \cdot 2 \cdot 100 = 50 \cdot 100 = 5000 \text{ Дж}$$

$$2) h_2 = \frac{A}{Q_+}$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

$Q_+ = Q_{12}$ , т.к. на всех остальных процессах газ отдает тепло

$$Q_+ = Q_{12} = 6RT_1$$

т.к. в процессе 13  $C = \frac{5}{2}R = C_p$ , то мы можем по

это выбрать.

$$\text{Значит } P_3 = P_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

**МФТИ**

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"/>

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



$$\begin{cases} P_1 V_1 = R T_1 \\ P_1 V_3 = 1,5 R T_1 \end{cases} \Rightarrow V_3 = 1,5 V_1$$

т.к. на процессе 3-1 и 2-3 работу производит газ, то и для со- знака штрик

$$A_{13} = -P_1 (V_1 - V_3) = 0,5 P_1 V_1 = 0,5 R T_1$$

$$A_{12} = 1,5 R T_1$$

$$A_{23} = \Delta u_{23} - Q_{23} = 1,5 R \cdot 2,5 T_1 - 0,5 R \cdot 2,5 T_1 = 2,5 R T_1$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_1} = \frac{2,5 R T_1 + 0,5 R T_1 + 1,5 R T_1}{6 R T_1} = \frac{4,5}{6} = \frac{45}{60} = \frac{3}{4}$$

$$\eta = 75\%$$

3) из производящих циклов мы уже знаем координаты точек 1 ( $P_1, V_1, T_1$ ) и 3 ( $P_1, 1,5 V_1, 1,5 T_1$ )

Во всех процессах  $\epsilon = \text{const}$   
Занимем 1-ое начало термодинамики в дифференциальной форме:

$$dQ = dA + du, \text{ где } dQ = c dT, dA = PdV, du = c_v dT$$

Занимем 2-ое начало термодинамики для малых процессов

$$PdV + Vdp = R dT \Rightarrow dT = \frac{PdV + Vdp}{R}$$

$$\frac{c(PdV + Vdp)}{R} = PdV + c_v(c dT + Vdp) \text{, по формуле Майера: } R = c_p - c_v$$

$$c \cdot PdV + c \cdot Vdp = c_p \cdot PdV - c_v PdV + c_v \cdot PdV + c_v \cdot Vdp$$

$$(c_p - c) PdV = - (c_v - c) Vdp \Rightarrow \int \frac{dp}{p} = - \frac{c_p - c}{c_v - c} \int \frac{dV}{V}$$

после интегрирования получим:

$$\frac{c_p - c}{c_v - c} \ln p V = \text{const} \Rightarrow p V^{\frac{c_p - c}{c_v - c}} = \text{const.}$$

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!

Пусть  $\frac{c_p - c}{c_v - c} = n$ , тогда:

$$pV^n = \text{const.}$$

$$\frac{RT}{V} V^n = \text{const} \Rightarrow T V^{n-1} = \text{const.}$$

Применим это ур-е для процесса 2-3:

$$4T_1 V_2^{n-1} = 1,5T_1 (1,5V_1)^{n-1}$$

$$n = \frac{c_p - c}{c_v - c} = \frac{2,5 - 0,5}{1,5 - 0,5} = 2$$

$$n - 1 = 1$$

$$4T_1 V_2 = 1,5T_1 \cdot 1,5V_1$$

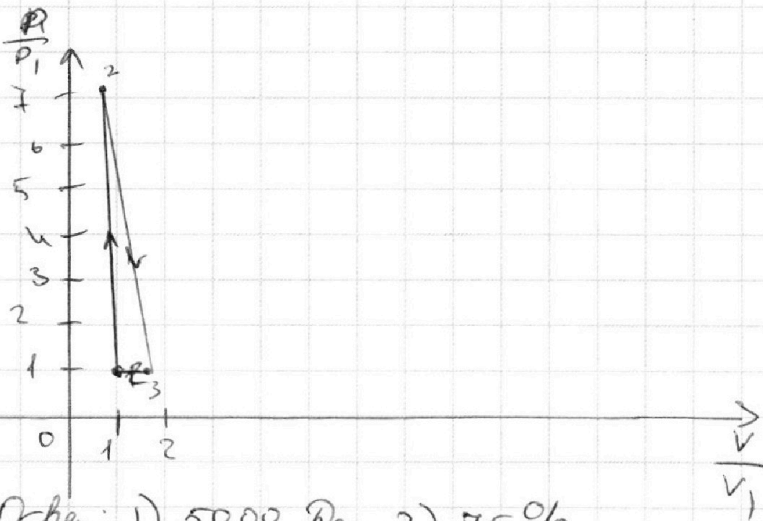
$$4V_2 = 2,25V_1 \Rightarrow V_2 = \frac{225}{400} V_1 = \frac{9}{16} V_1$$

$$\begin{cases} p_2 \cdot \frac{9}{16} V_1 = 4RT_1 \\ p_1 V_1 = RT_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{9}{16} = 4$$

$$p_2 = \frac{64}{9} p_1$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{64}{9} p_1$$

$$2 \left( \frac{64}{9} p_1, \frac{9}{16} V_1, 4T_1 \right)$$



Ответ: 1) 5000 Дж, 2) 75%.

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

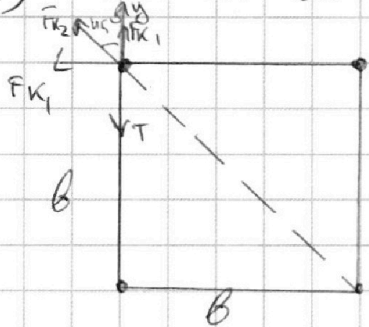
1  2  3  4  5  6  7



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



1) Рассмотрим действие сил на 1 из шариков

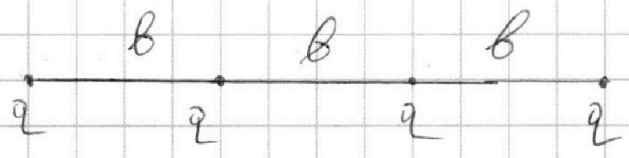


0g:

$$T = F_{k2} \cos 45^\circ + F_{k1} = \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{kq^2}{b^2}$$

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

2)  $W_{\text{и}} = \frac{1}{2} \sum q_i \varphi_i = \frac{kq^2}{b} (4 + \sqrt{2})$ , где  $W_{\text{и}}$  — полная энергия системы



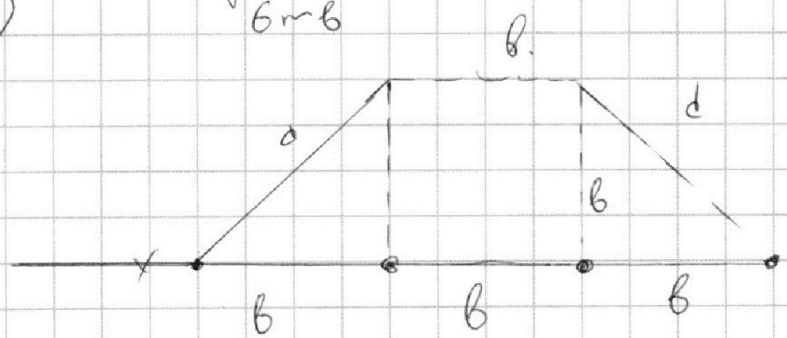
$$W_{\text{к}} = \frac{kq^2}{b} \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{2} + 1 + \frac{1}{2} + 1 + 1 \right) + 2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left( \frac{1}{3} + u \right) + 2mv^2$$

$W_{\text{и}} = W_{\text{к}}$

$$2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$v = \sqrt{\frac{k(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb}} = \sqrt{\frac{k(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb}}$$

3)  $= \sqrt{\frac{k(3\sqrt{2} - 1)}{6mb}}$



Корнем совмещено картинку го и после по т. Пифагора.

Отв:  $d = b\sqrt{2}$

1)  $\frac{kq^2}{b^2} \left( \frac{\sqrt{2}}{4} + 1 \right)$ , 2)  $\sqrt{\frac{k(3\sqrt{2} - 1)}{6mb}}$ , 3)  $b\sqrt{2}$

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!



$ma = \mu mg$   
 $a = \mu g$   
 $s = v_0 t = \frac{\mu g t^2}{2}$   
 $5t^2 - 4t + 1 = 0$

$\Delta = 16 - 20 = -4$   
 $t = 0,16 \text{ c}$

$P_1 = P_3 = 4 \cdot 10^{-1} \cdot 4 \cdot 10^{-1} = 16 \cdot 10^{-2} = 0,16$

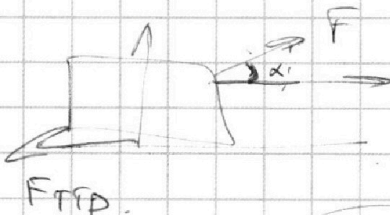
$P = \alpha(t - t_0) \mu$

$S = 4 \cdot 0,16 + 5 \cdot 0,16^2 = 0,8 + 0,128 = 0,928$

$2 = 4 - 10t = t = 0,2 \text{ c}$

$\cos \alpha + \sin \alpha = 1$   
 $\sin(\frac{\pi}{2} + \alpha) = 1$

$\frac{\pi}{2} + \alpha = \frac{\pi}{2}$   
 $\alpha = 0$



$m_1 a_1 = F - \mu mg$

$a_1 = \frac{F}{m} - \mu g$   
 $m a_2 = F \cos \alpha - \mu mg$   
 $\mu = mg - F \sin \alpha$

$A = A_1 + A_2 + A_3$   
 $Q_1 = 0,16 - 0,22 = 0,12 \text{ m}$   
 $Q_2 = F(\cos \alpha + \sin \alpha) - \mu mg$   
 $a_2 = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \sin \alpha) - \mu g$   
 $a_1 = a_2$   
 $F(\cos \alpha + \sin \alpha) - \mu mg = F - \mu mg$   
 $F(\cos \alpha + \sin \alpha) = F$

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!



$$2v_0 - 5 - 4v_0 = 2v_0 - 20$$

$$2v_0 - 20 = \frac{v_0^2}{20}$$

$$40v_0 - 400 = v_0^2 \quad 2v_0^2 - 20v_0 + 100 = 0$$

$$v_0^2 - 40v_0 + 400 = 0 \quad Q = mg \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$(v_0 - 20)^2 = 0$$

$$v_0 = 20$$

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

$$v_0^2 + 4\beta(\beta - h) = 0$$

$$h = \frac{v_0^2 + 4\beta^2}{4\beta}$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$mg t^2$$

$$20 \cdot 2 - 5 \cdot 5 = 40 - 25 = 15$$

$$40 - 20 = 20$$

$$= \frac{400 + 100}{20}$$

$$h = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$$

$$= \frac{500}{20} = 25$$

$$h = S \tan \alpha - \beta \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - (\alpha + h) = 0$$

$$\beta \tan^2 \alpha - S \tan \alpha + (\beta - h) = 0$$

$$2\beta \tan \alpha - S = 0$$

$$\tan \alpha = \frac{S}{2\beta} = \frac{2v_0^2}{2g\beta^2} = \frac{v_0^2}{g\beta^2} = 2 \quad h = S \cdot \frac{v_0^2}{g\beta^2} - \frac{g S^2}{2v_0^2} \left( 1 + \frac{v_0^4}{g^2 \beta^4} \right)$$

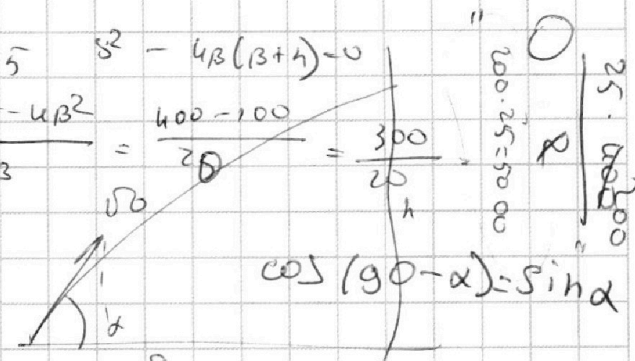
$$h = \frac{g S^2}{20g} \cdot \frac{2504}{g^2 \beta^4} = 40$$

$$S \cdot \frac{400}{g S^2} = \frac{400}{g S}$$

$$\frac{g S^2}{2v_0^2} = \frac{g S^2}{2 \cdot 400} = \frac{g S^2}{800}$$

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

$$= \frac{400}{10} - \frac{10 \cdot 40}{2 \cdot 400} - \frac{400}{2} = 40 - 0.5 - 200 = -159.5$$



25 \cdot 40 = 1000

$$\cos(90 - \alpha) = \sin \alpha$$

$$\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$$

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

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!

$$A_{12} = P_3(V_3 - V_1) = 0,5 P_1 V_1 = -0,5 RT_1 \quad PV^n = \text{const.}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} RT_1$$

$$TV^{n-1} = \text{const.}$$

$$\frac{RT}{V} V^n = \text{const.}$$

$$A_{23} = 0,5 RT_1 + 1,5 R \cdot 2,5 T_1 - 1,5 R \cdot 2,5 T_1 = +2,5 RT_1$$

$$Q = \frac{0,5 RT_1 + 1,5 RT_1 - 2,5 RT_1}{0,5 RT_1} = -1$$

$$\mu = \frac{2,5 + 1,5 - 9,5}{6} = \frac{3R}{60} = \frac{1}{12} \quad \frac{u^2}{g} (\cos^2 \alpha) = \frac{u^2}{g} \left(\cos^2 \frac{1}{3}\right) + u^2 + u^2$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad u = \frac{4,5}{12} = \frac{3}{8} = 37,5\% \quad u^2 = u^2 (1 + \cos^2 \alpha)$$

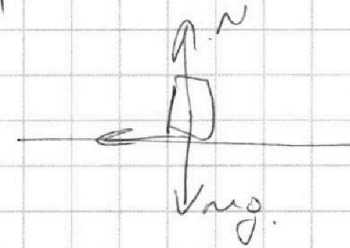
$$1,5 T_1 \cdot (1,5 V_1)^n = 1,5 T_2 V_2^n \quad n = \frac{e - e}{eV - C} = \frac{2,5 - 0,5}{1,5 \cdot 0,5} = 2$$

$$1,5 \cdot (1,5 V_1)^2 = 1,5 V_2^2 \quad \frac{2}{u} = \left(\frac{1}{3}\right) \quad \begin{array}{r} 225 \sqrt{5} \\ -20 \sqrt{5} \\ \hline 205 \sqrt{5} \end{array} \quad \begin{array}{r} 80 \sqrt{5} \\ -3 \sqrt{5} \\ \hline 77 \sqrt{5} \end{array}$$

$$2,25 V_1 = 4 V_2 \quad V_2 = \frac{225}{400} \quad V_1 = \frac{1,5}{20} \quad V_1 = \frac{9}{16} V_1$$



$$\frac{2kq^2}{r^2}$$



$$\frac{kq^2}{r^2} + \frac{kq^2}{2r} \frac{\sqrt{2}}{2} - mg = T \quad m_0 = m_0$$

$$v_1 = v_2 = v \quad v_3 = v_4 = v$$

$$\frac{(1 - \cos \alpha) (\cos \alpha + 1 - \cos \alpha - g)}{\sin \alpha - \cos \alpha \sin \alpha - \sin \alpha (1 - \cos \alpha)} = \frac{(1 - \cos \alpha) (1 - g)}{\dots}$$

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!



$$v_1 = 2a = u$$

$$v_3 = v_{u2} = v$$

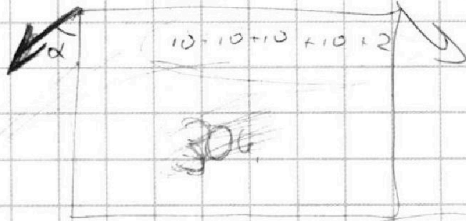
~~$$u = I_0 R$$~~

$$\frac{u a^2}{6} \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{2} + a + \frac{1}{2} + a + a \right)$$

$$\frac{u a^2}{6} \left( \frac{1}{3} + u \right)$$

$$\frac{2}{2} = 2 \text{ или } \frac{1}{2}$$

$$v_0 = at$$

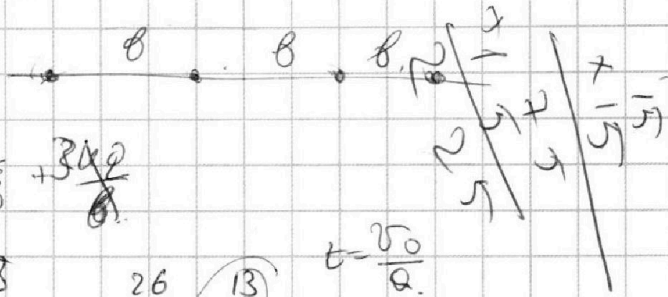


$$\Delta W = \frac{1}{3} - \sqrt{2} = \frac{1 - 3\sqrt{2}}{3}$$

$$m_0 = F - \mu m g$$

$$m_0 = F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m g$$

$$2m v \cos \alpha = 0$$



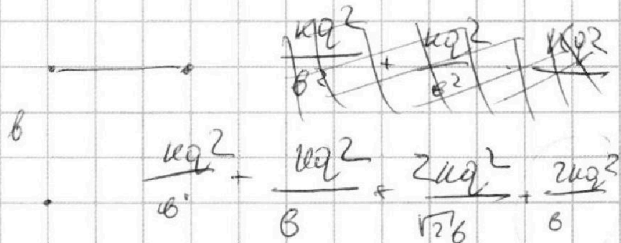
$$\frac{4kq}{8} (8 + 8\sqrt{2}) = \frac{kq}{3b} + \frac{2kq}{2b} + \frac{3kq}{b}$$

$$32 + 8\sqrt{2} = \frac{2 + 6 + 18}{6} = \frac{26}{6} \left( \frac{13}{4} \right)$$

$$t = \frac{v_0}{a}$$

$$128 + 32\sqrt{2} = 13$$

$$115 + 32\sqrt{2} = \frac{4m v^2}{2}$$



$$1) m a_1 = F - \mu m g$$

$$\frac{k a^2}{6} (4 + \sqrt{2})$$

$$m a_2 = F \cos \alpha - \mu (m g - F \sin \alpha) = F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m g$$

$$a_1 = a_2$$

$$v = 0$$

$$F - \mu m g = F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m g$$

$$F = \mu (m g + a)$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha$$

$$\mu m = \mu (m g + a) (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m g$$