

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

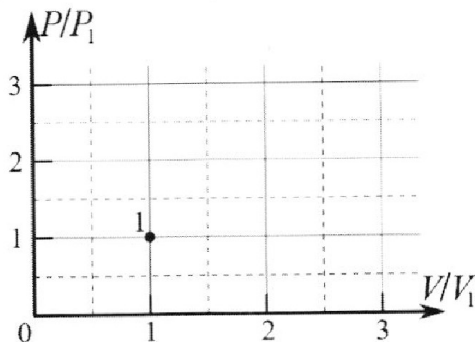
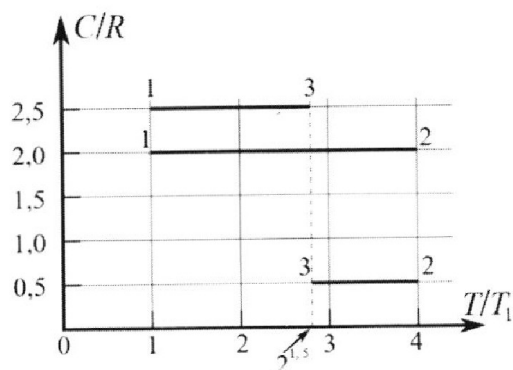
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 объем в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



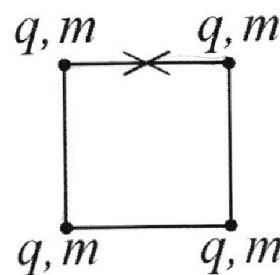
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

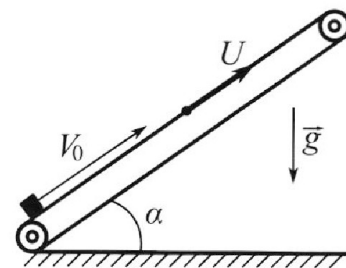
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

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

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

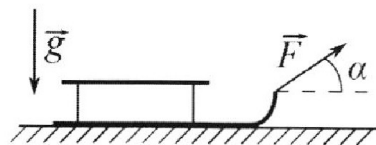
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

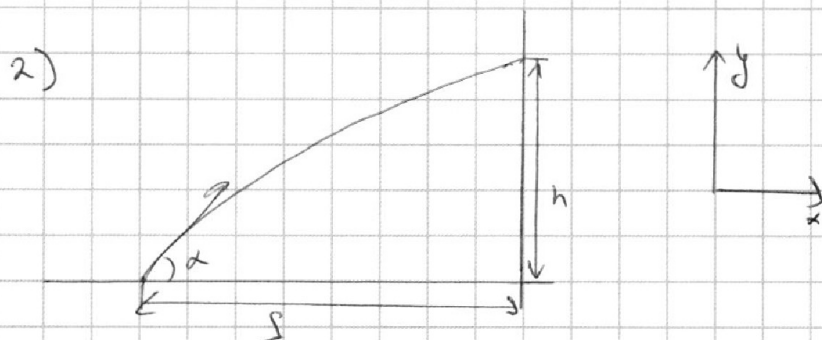
$$1) \quad h = v_0 T - \frac{gT^2}{2}$$

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

В максимальной точке подъема $v = 0$

Значит: $v_0 - gT = 0$

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



Запишем уравнение движения шарика по оси y и x :

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

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 $\tan \alpha$:

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

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

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

Возьмем от данного уравнения производную и приравняем к 0:

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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 $\tan \alpha = 2$:

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

Ответ: 1) 20 м/с, 2) 15 м.

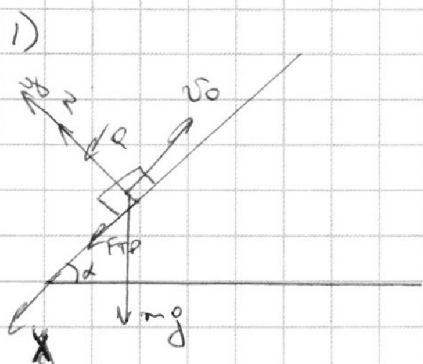
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Oy :

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

Ox :

$$N = mg \cos \alpha$$

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

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

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

$$s = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = v_0 t_1 - \frac{(\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha) t_1^2}{2}$$

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

пути 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 изменяю

Знают ускорение и точку можем найти по формуле

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

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

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

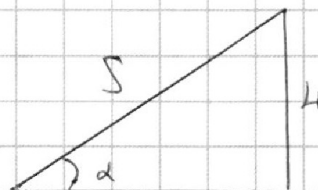
По ленте транспортера относительно земли коробка движется со скоростью $(u + v_0)$,

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

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

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

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



ответ: 2) 1 м, 3) 1,28 м.

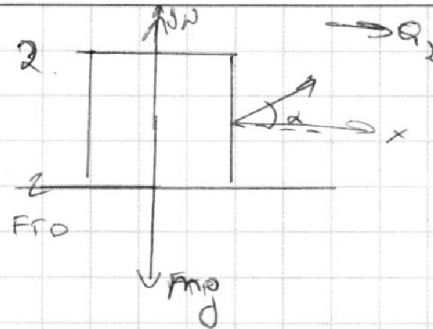
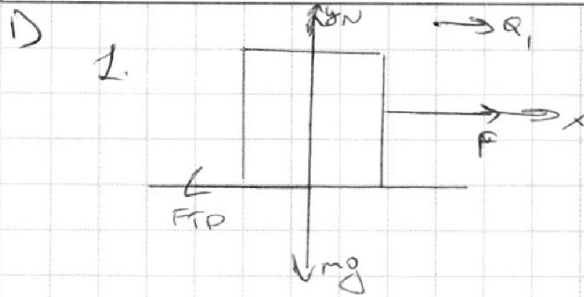
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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:

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

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

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

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

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

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

т.к. и в 1 и в 2 случае силы трения имеют направление

то одинаковое время, то $a_1 = a_2$

$$m a_1 = m a_2$$

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

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

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

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

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

$$a_1 = a_2 = a$$

$$m a = F - \mu mg \quad (1)$$

$$m a = F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg \quad (2)$$

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!

u_3 (1):

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

u_3 (3) $u(2)$:

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

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

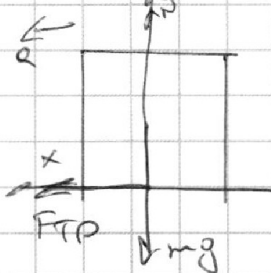
$$a = g\mu \cos \alpha + g\mu^2 \sin \alpha + a \cos \alpha + \mu a \sin \alpha - \mu g$$

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

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



$$\begin{cases} mR = FTP \\ N = mg \\ FTP = \mu N \end{cases}$$

$$FTP = \mu mg$$

$$mR = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

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

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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

1) Запишем первое начало 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.

$$Q_{12} = 2R \cdot (uT_1 - T_1) = 6RT_1$$

$\Delta u_{12} = C_V \Delta T$, где C_V — теплоемкость газа в процессе с постоянным объемом

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

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

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta u_{12} = \frac{12RT_1}{2} - \frac{9RT_1}{2} = \frac{3RT_1}{2} = \frac{3 \cdot 8,31 \cdot 400}{2} \approx \frac{25 \cdot 400}{2} = 25 \cdot 200 = 25 \cdot 2 \cdot 100 = 50 \cdot 100 = 5000 \text{ Дж.}$$

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

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

$Q_+ = Q_{12}$, 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 из этого сделать.

$$\text{Значит } P_3 = P_1$$

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!



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

Т.к. на процессе 1-2 и 2-3 работа производится на газ, то и будет со знаком минус

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

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

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

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

$$\eta = 75 \%$$

3) из производящих пунктов 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 $c = \text{const}$
Знаем 1-ое начало термодинамики в диф. форме:

$$dQ = dA + du, \text{ где } dQ = c dT, dA = P dV, du = C_v dT$$

Знаем 2-ое начало Максвелла-Клейперона для малых процессов

$$P dV + V dP = R dT \Rightarrow dT = \frac{P dV + V dP}{R}$$

$$\frac{c (P dV + V dP)}{R} = P dV + C_v (P dV + V dP), \text{ по формуле Майера: } R = C_p - C_v$$

$$C_p \cdot P dV + C_v \cdot V dP = C_p \cdot P dV - C_v \cdot P dV + C_v \cdot P dV + C_v \cdot V dP$$

$$(C_p - C_v) P dV = - (C_v - C_v) V dP \Rightarrow \int \frac{dP}{P} = - \frac{C_p - C_v}{C_v - C_v} \int \frac{dV}{V}$$

после интегрирования получим:

$$\ln P V^{\frac{C_p - C_v}{C_v - C_v}} = \text{const} \Rightarrow P V^{\frac{C_p - C_v}{C_v - C_v}} = \text{const.}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

МФТИ



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:

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

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

$$n-1 = 1$$

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

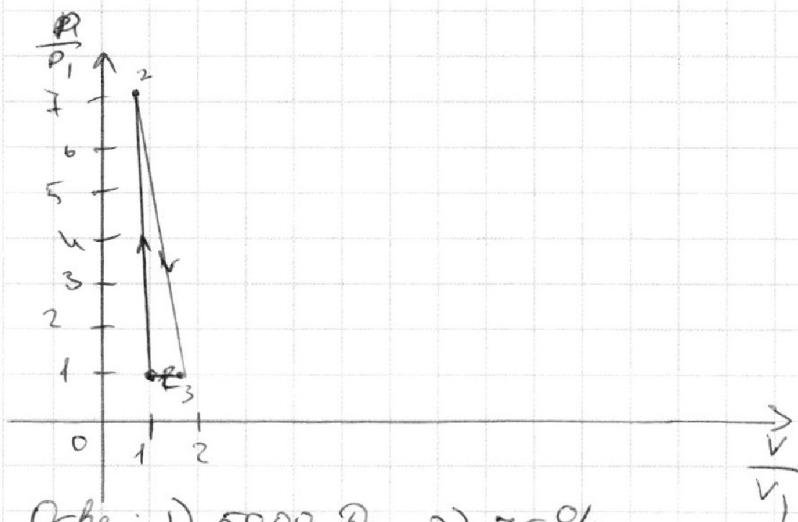
$$4V_2 = 2,25V_1 \Rightarrow V_2 = \frac{225}{400} V_1 = \frac{9}{16} V_1$$

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

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

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

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



Ответ: 1) 5000 Дж, 2) 75%.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

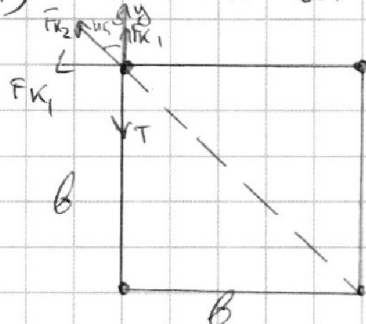
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

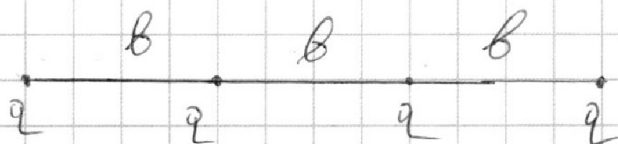


Од:

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

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

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



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

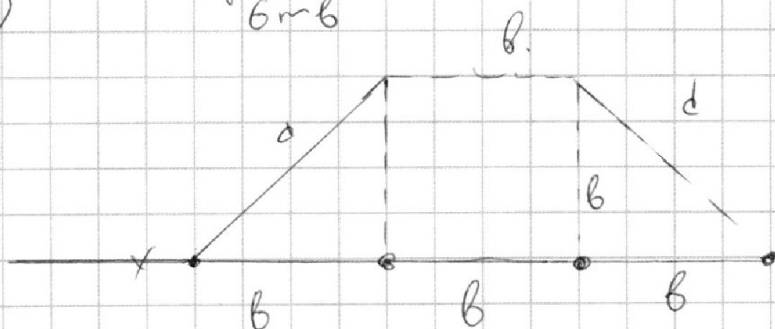
$W_k = W_k$

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

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

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

3)



вернем совмещенную картинку го и после
по т. Пифагора.

д = $b\sqrt{2}$

Ответ: 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!

$$ma = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

$$h = \left(\frac{2kq}{8} + \frac{kq}{\sqrt{2}a} \right) = \frac{8kq}{8} + \frac{2\sqrt{2}kq}{8} = \frac{kq}{8} (8 + 2\sqrt{2})$$

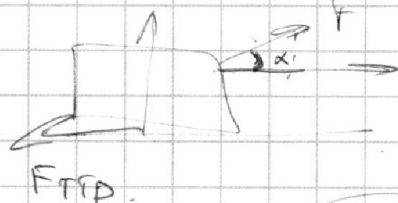
$$S = v_0 t = \frac{mg t^2}{2}$$

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

$$v_0 = 0t = 0,16 \text{ c}$$

$$S = 4 \cdot 0,16 + 5 \cdot 0,16 = 0,8 + 0,8 = 1,6$$

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



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

$$\sin \left(\frac{\pi}{4} + \alpha \right) = 1$$

$$\frac{\pi}{4} + \alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$m_0 = F - \mu mg$$

$$m_0 = F - \mu mg$$

$$\begin{cases} m_0 = F - \mu mg \\ m_0 = F \cos \alpha - \mu mg \end{cases}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

$$Q_1 =$$

$$0,16 - 0,2 = 0,12 \text{ m}$$

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

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

$$a_1 = a_2$$

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

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

$$(P_1, V, T_1)$$

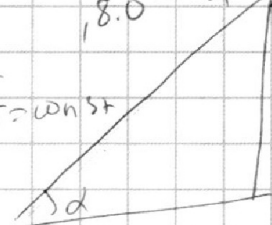
$$3(P_1, V, T_1) = 8$$

$$1-2$$

$$PV = \text{const}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{16}{8,0} = \frac{1,5N}{V_1}$$



$$L = (v_0 + u)t - \frac{at^2}{2}$$

$$6 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,04}{2} = 1,2 - 0,2 = 1,0$$

$$1,2 - 0,2 = 1,0$$

$$0,16 - \frac{10 \cdot 0,16}{2} = 0,16 - 0,8 = -0,64$$

$$\frac{0,16}{2} = \frac{0,16}{2}$$

$$2,16 - 0,8 = 1,36$$

$$1,6 \cdot 0,8 = \frac{16}{10} \cdot \frac{8}{10} = \frac{64}{50} = \frac{128}{100} = 1,28$$

$$= 1,28 \text{ m}$$

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!



$$2v_0 - 5 \cdot h = 2v_0 - 20$$

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

$$40v_0 - 400 = v^2$$

$$v = 20$$

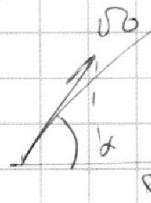
$$v_0^2 - 40v_0 + 400 = 0$$

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

$$v_0 = 20$$

$$\beta = 5 \quad s^2 - 4\beta(\beta + h) = 0$$

$$\frac{s^2 - 4\beta^2}{4\beta} = \frac{400 - 100}{20} = \frac{300}{20} = 15$$



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

$$v_0 \sin \alpha = v$$

$$Q = mg \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$\frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 9.8 \cdot 2.6 + 10 \cdot 9.8 = 2 + 8 = 10$$

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

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

$$mg t^2$$

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

$$v_0 - v = 40$$

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

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

$$= \frac{400 + 100}{20} = 25$$

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

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

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

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

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

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

$$h = \frac{gS^2}{200} \cdot \frac{2504}{g^2 S^2} = 40$$

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

$$= \frac{400}{200} = 2$$

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

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!

$$A_{12} = P_3(V_3 - V_1) = 0,5 P_1 V_1 = -0,5 R T_1 \quad P V^n = \text{const.}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} R T_1$$

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

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

$$Q = \frac{0,5 R T_1 + 1,5 R T_1 - 2,5 R T_1}{6 R T_1} = -\frac{1}{6}$$

$$\mu = \frac{2,5 + 1,5 - 0,5}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

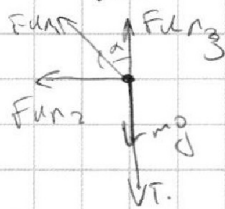
$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad \mu = \frac{1}{2} \quad \cos \alpha = \frac{1}{2} \quad \alpha = 60^\circ$$

$$1,5 T_1 \cdot (1,5 V_1)^n = 1,5 T_2 V_2^n$$

$$1,5 \cdot (1,5 V_1)^2 = 1,5 V_2^2$$

$$2,25 V_1 = V_2$$

$$V_2 = \frac{2,25}{1,5} V_1 = 1,5 V_1$$

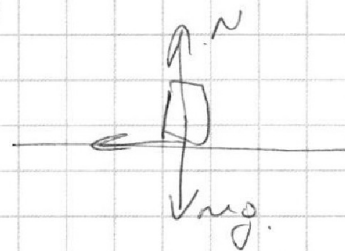


$$\frac{2kq^2}{r^2}$$

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

$$v_1 = v_2 = v$$

$$v_3 = v_1 = v_2$$



$$m \omega = \mu g$$

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



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!

$$v_2 = v_1 = v$$

$$v_3 = v_4 = v$$

$$U = I \cdot R$$

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

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

$$2 \cdot 2 \cdot q \cdot \phi_L =$$

$$v_0 = at$$

$$m_0 = F - \mu mg$$

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

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

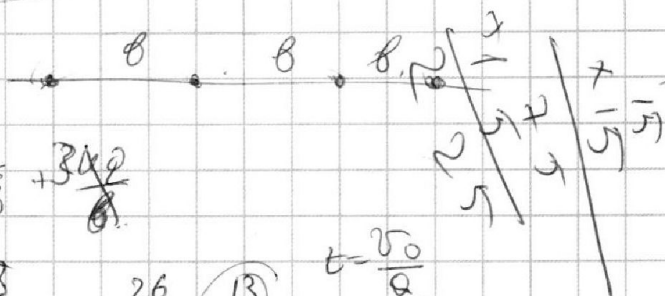
$$2mv \cos \alpha = 0$$

$$\frac{4q^2}{8} (8 + 8\sqrt{2}) = \frac{kq^2}{36} + \frac{2kq^2}{28} + \frac{3kq^2}{8}$$

$$32 + 8\sqrt{2} = \frac{2 + 6 + 18}{6} = \frac{26}{6} \cdot \frac{13}{4}$$

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

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



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

$$\frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8}$$

$$1) m_{q1} = F - \mu mg$$

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

$$m_{q2} = F \cos \alpha - \mu (m_{q1} - F \sin \alpha) = F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m_{q1}$$

$$q_1 = q_2$$

$$v = 0$$

$$F - \mu m_{q1} = F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m_{q2}$$

$$F = m(Mg + a)$$

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

$$Mg = m(Mg + a)(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu m_{q2}$$