



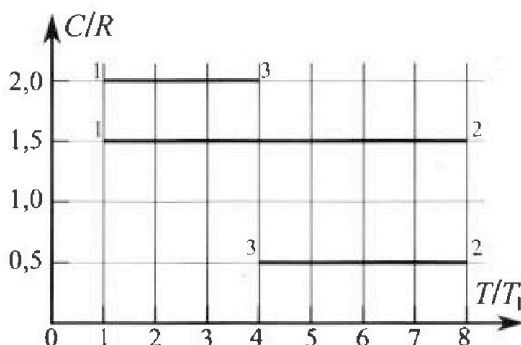
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



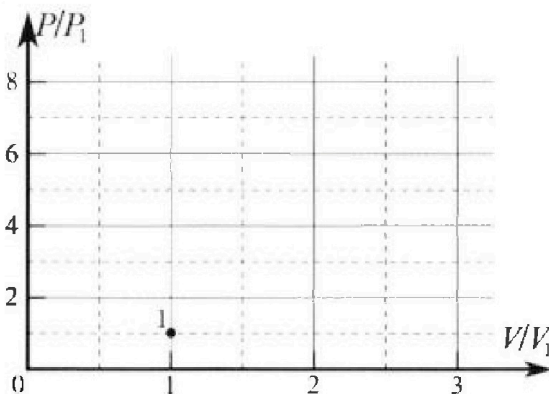
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ K, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·K).



1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

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 a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

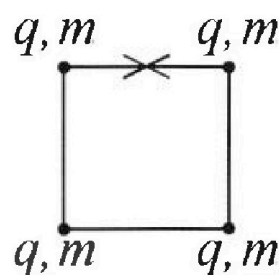
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K 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)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

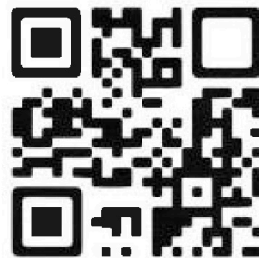




Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

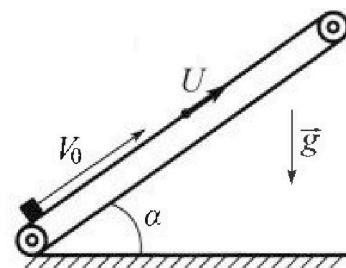
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

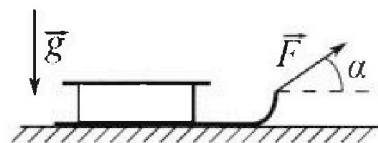
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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:

$$L = 20 \text{ м}; H = 3,6 \text{ м}$$

$$\alpha = 45^\circ; g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти: 1) v_0 ?

2) S ?

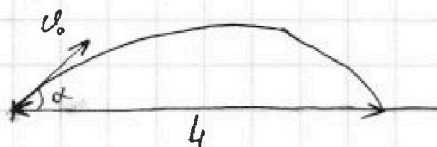
чтобы найти время полёта приравняем y к нулю.

Решение:

$$1) \quad x = v_0 t \cos \alpha$$

$$\alpha = 45^\circ \Rightarrow 2\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin 2\alpha = 1$$

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



$$0 = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

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

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{gH} = \sqrt{10 \cdot 3,6} \approx 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) \quad H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}, \text{ где } \beta - \text{ угол, под которым футболист пинает мяч}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{2gH}{v_0^2} = \frac{2gH}{L} = \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{10 \cdot 3,6}}{\sqrt{10 \cdot 20}} = \frac{6\sqrt{2}}{10\sqrt{2}} = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \beta = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin 2\beta = 2 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} = \frac{24}{25}$$

$$S = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g} = \frac{10 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м} \cdot \frac{24}{25}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{24}{25} \cdot 20 \text{ м} = 24 \cdot 0,8 \text{ м} = 19,2 \text{ м}$$

Ответ: 1) $6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $19,2 \text{ м}$



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!

В СО системы:

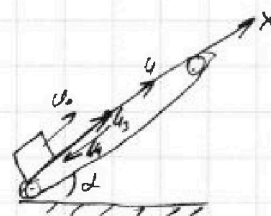
$$v_k = 0 \Rightarrow 0 = v_3 + a_1 t_3$$

$$t_3 = \frac{v_0}{g} = 0,6 \text{ c}$$

$$v_k = -1 \Rightarrow -1 = 0 + a_2 t_4$$

$$t_4 = \frac{1 \text{ c}}{0,2g} = 0,5 \text{ c}$$

перемещение $\vec{l} = \vec{l}_3 + \vec{l}_4 \Rightarrow l = l_3 - l_4$



$$l_3 = v_0 t_3 - \frac{a_1 t_3^2}{2} = 1,8 \text{ (m)}$$

$$-l_4 = \frac{a_2 t_4^2}{2} = \frac{-2 \frac{v_0}{c} \cdot 0,25 \text{ c}^2}{2} = -0,25 \text{ m}$$

$$l = l_3 - l_4 = 1,8 \text{ m} - 0,25 \text{ m} = 1,55 \text{ m}.$$

Ответы 1) $1,96 \text{ m} \approx 1,9$

2) $t_1 = 0,6 \text{ c}$

3) $l = 1,55 \text{ m}$

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!

Дано:

$$v_0 = 6 \frac{м}{с}$$

$$g = 10 \frac{м}{с^2}$$

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

$$T = 1с$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1с$$

$$u = 1 \frac{м}{с}$$

Найти: 1) s

2) T_1

3) u

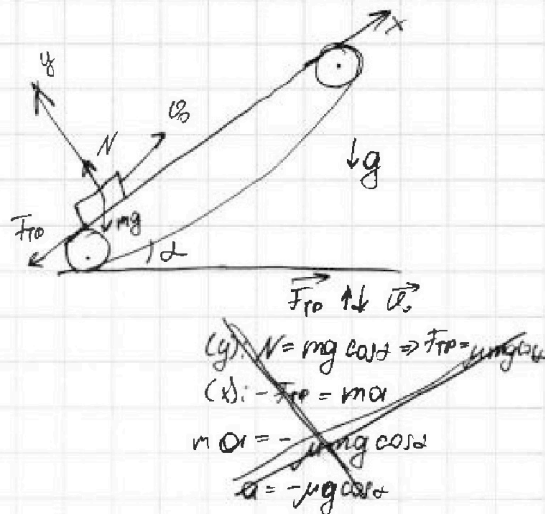
№ 2

Тем:

1)

Найти, через какое время t_0 $v=0$

$$0 = v_0 + at$$



запишем II ЗН

$$(x): -F_{тр} - mg \sin \alpha = ma$$

$$(y): N = mg \cos \alpha$$

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

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g(0,5 \cdot 0,6 + 0,8) = -g$$

$0 = v_0 - gt \Rightarrow t_0 = \frac{v_0}{g} = 0,6(с)$, значит через $T_1 = 1с$ вектор v поменяет направление и коробка начнет скатываться вниз.

Найдем путь который пройдет коробка до $v=0$

$$L_1 = v_0 t_0 - \frac{g \cdot t_0^2}{2} = 3,6 м - 1,8 м = 1,8 м ; \text{ ускорение поменяется и станет: с ним она будет ехать } t_1 = T - t_0 = 0,4с$$

Найдем перемещение коробки s_0 через $T = 1с$: $ma = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$

$$s_0 = v_0 T - \frac{g T^2}{2} = 6 м - 5 м = 1 м$$

$$a_2 = g(0,5 \cdot 0,5 - 0,8) = -0,2g = -2 \frac{м}{с^2}$$

$$-L_2 = \frac{a_2^2}{2} \Rightarrow L_2 = \frac{0,2^2 \cdot 9,8^2}{2} (м) = 0,16 м$$

$$\text{тогда путь } s = L_1 + L_2 = 1,8 м + 0,16 м = 1,96 м$$

2) чтобы в лаб. СО скорости коробки стала равна $u = 1 \frac{м}{с}$, нулю, чтобы в СО левта $v_x = 0$

$$0 = v_0 - g T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{v_0}{g} = 0,6(с)$$

3) $v_x = 0$ в лаб. СО; если v_x в СО левта равно $+ \frac{u}{2} - u$

$$-u = v_0 - g T_1$$

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!



№ 3

Дано:

K, α, m

Найти:

1) μ

2) S

Реш:

1) $K = A_{TTP} ; F_{TP} = \mu mg$
 ~~$K = \mu mg S$~~

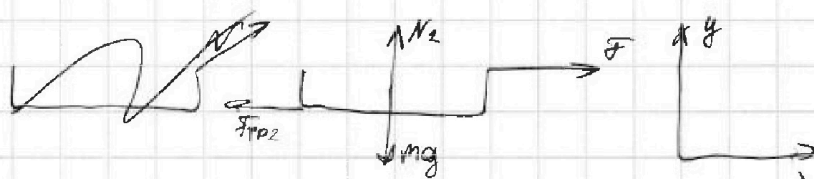
II ЗН:

(x): $F \cos \alpha - F_{TP1} = ma_1$

(y): $N_1 + F \sin \alpha = mg$

$N_1 = mg - F \sin \alpha \Rightarrow F_{TP1} = \mu (mg - F \sin \alpha)$

$K = A_{TP1} + A_{T2} = S_0 (F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha))$



II ЗН: (y): $N_2 = mg \Rightarrow F_{TP2} = \mu mg$

$K = A_{TP2} + A_{T2} = S_0 (F - \mu mg)$

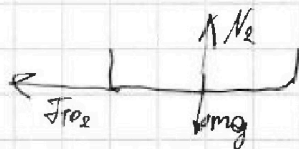
$S_0 (F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha) = S_0 (F - \mu mg)$

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

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

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

2) Когда санки тормозят, на них не действует сила F , тогда



$K = -A_{TP2} = +\mu mg S$

$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

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

2) $S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

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:

$$T_1 = 200 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$$

Найти: 1) A_{31}

2) η

3) график

1) ИТА газ
уравнения 31:

$$\Delta U_{31} = A_{31} + Q_{31}$$

$$\Delta U_{31} = \nu C_V \Delta T_{31}$$

$$Q_{31} = \nu C_{31} \Delta T_{31}$$

$$A_{31} = \nu C_V \Delta T_{31} - \nu T_{31} \cdot C_{31} = \nu \cdot 3 T_1 \left(\frac{3}{2} R - 2R \right) = + \frac{1}{2} R \cdot 3 T_1 =$$

$$= + \frac{3}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 200 \text{ K} = + 2493 \text{ Дж}$$

2) $\eta = \frac{A_{31}}{Q_+}$, где Q_+ - подведенная теплота

$$A_4 = A_{12} + A_{23} + A_{31} = Q_{12} - \Delta U_{12} + Q_{23} - \Delta U_{23} + A_{31}$$

$$A_{31} = -A_{12} = -\frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$A_{12} = \nu \frac{3}{2} R \cdot (T_1 - T_2) - \nu \frac{3}{2} R \cdot (T_1 - T_2) = 0$$

$$A_{23} = \nu \frac{1}{2} R (4T_1 - 8T_1) - \nu \frac{3}{2} R (4T_1 - 8T_1) =$$

$$= 4T_1 \cdot \nu R \cdot \frac{3}{2} - 4T_1 \cdot \nu R \cdot \frac{1}{2} = 8 \nu R T_1$$

$$A_4 = 8 \nu R T_1 - \frac{3}{2} \nu R T_1 + 0 = \frac{13}{2} \nu R T_1$$

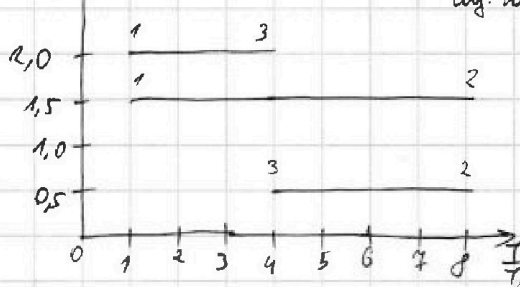
$$Q_+ = Q_{12} = \nu \cdot \frac{3}{2} R \cdot (T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$\eta = \frac{\frac{13}{2} \nu R T_1}{\frac{3}{2} \nu R T_1} = \frac{13}{3}$$

3)

$\nu = 4$

$\frac{C}{R}$



для одноат.

уг. газа

$$C_V = \frac{3}{2} R$$

$$p = \text{const} \Rightarrow C = \frac{5}{2} \nu$$

$$\Delta U = -\nu \frac{1}{2} R \cdot 4T_1 - 4 \nu R T_1$$

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!



Мы выяснили, что $A_{12} = 0 \Rightarrow V_{12} = \text{const}$
 упр. с соот. уг. газа
 $p_1 V_1 = \nu R T_1$ - в точке 1 $\Rightarrow p$

$p_2 V_2 = \nu R T_2$ - упр. с соот. уг. газа в т. 2
 $\Rightarrow p_2 = \frac{8 \nu R T_1}{V_1}$
 $\frac{p_2}{p_1} = 8$

$A_{23} = 4 \nu R T_1$

$p_3 = \frac{4 \nu R T_1}{V_3}$

$p_2 V_2 = 4 \nu R T_1 \Rightarrow A_{23} = (V_3 - V_1) (p_3 + p_2)$

$\frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} = \frac{1}{2}$

$4 \nu R T_1 = p_3 V_3 - p_2 V_1 - p_2 V_1 + p_2 V_3$

$4 \nu R T_1 = 4 \nu R T_1 - 8 \nu R T_1 + \frac{4 \nu R T_1 V_3}{V_3} + \frac{8 \nu R T_1 V_3}{V_1}$

$8 \nu R T_1 \cdot 8 = \frac{8 V_3}{V_1} - \frac{V_3}{V_1}$

$2 = \frac{8}{1} - 1$

$t - \frac{2}{t} + 2 = 0$

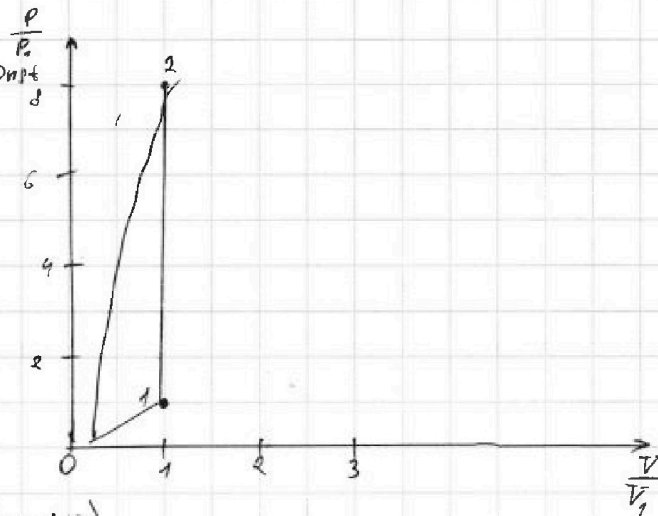
$t^2 - 2 + 2t = 0$

$\frac{0}{1} = 1 + 2 = 3$

$t_1 = 1 + \sqrt{3} \Rightarrow \frac{V_1}{V_3} = 1 + \sqrt{3} \approx 2,7$

$\frac{p_3 V_3}{p_2 \cdot 2 V_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow p_3 = p_2 \cdot \frac{2 \cdot 2}{2} = 8 p_1 \cdot \frac{2,7}{2} =$

=



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!

Дано:

q, m, T, a

Найти:

1) $|q|$

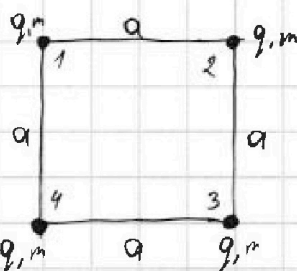
2) k

3) d

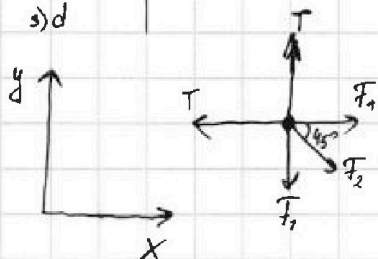
Реш:

N^5

1) Рассм. силы, действующие на шарик N^3



Все шарики имеют одинаковый заряд, поэтому они отталкиваются друг друга



ПЗН для шарика N^3 :

$$(x): -T + F_1 + F_2 \cos 45^\circ = 0$$

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

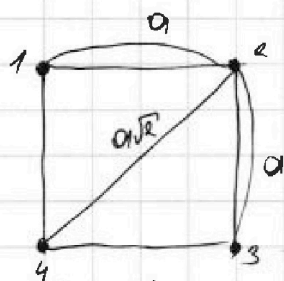
$$F_2 = \frac{kq^2}{ea^2}$$

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

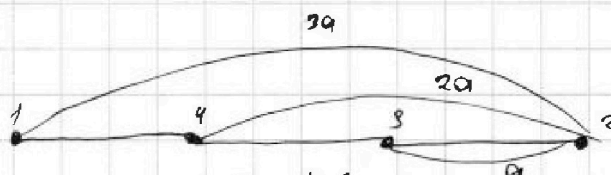
$$|q| = \sqrt{\frac{a^2 T}{k \cdot (1 + \frac{\sqrt{2}}{2})}}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow |q| = a \sqrt{\frac{T \cdot 4\pi\epsilon_0}{(1 + \frac{\sqrt{2}}{2})}}$$

2)



Найдем изменение пот. энергии 2-го шарика



$$W_{n1} = kq^2 \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{2}a} \right)$$

$$W_{n2} = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a}$$

$$\Delta W_n = W_{n1} - W_{n2} = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} - \frac{kq^2}{a} - \frac{kq^2}{2a} - \frac{kq^2}{3a} = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$K = \Delta W_n + A_T, \text{ где } A_T - \text{сила натяжения нити}$$

$$K = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{a^2 T \cdot 4\pi\epsilon_0}{(1 + \frac{\sqrt{2}}{2})} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{5}{6} \right) = aT \cdot \frac{4(3\sqrt{2}-5)}{6(4+\sqrt{2})} = aT \cdot \frac{2(3\sqrt{2}-5)}{3(4+\sqrt{2})}$$

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!



$$\chi = \frac{m\omega_0^2}{2}$$

$$K = \mu mg$$

$$A_{31} = -\frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \nu \cdot \frac{3}{2} R (8T_1 - T_2) - \nu \cdot \frac{3}{2} R (8T_1 - T_2) = 0$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \nu \cdot \frac{1}{2} (4T_1 - 8T_1) R -$$

$$Q = \nu C_{\Delta} T - \nu \cdot \frac{3}{2} R (4T_1 - T_2) = (4T_1 - T_2) \nu R \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \right) = -4 \nu R \cdot (-1) = 4 \nu R$$

$$\Delta U = \Delta + Q$$

$$C = \text{const} \Rightarrow \Delta U = \Delta_{11}$$

$$A_{11} = \nu C_{\Delta} \Delta T = \nu C_{\Delta} T_1$$

$$A_{31} = \nu C_{\Delta} \cdot (-3T_1)$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{net}}}$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} = \frac{1}{2} \quad \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} (p_3)$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$(p_3 - p_2)(V_3 - V_1) = 4 \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R 8T_1$$

$$12 \nu R T_1 - p_2 V_2 - p_3 V_1 = 4 \nu R T_1$$

$$p_3 V_3 = \nu R 4T_1$$

$$8 \nu R T_1 = p_2 V_3 + p_3 V_1$$

$$p_1 = \frac{8 \nu R T_1}{V_1}$$

$$8 \nu R T_1 = \frac{8 \nu R T_1 V_3}{V_1} + \frac{4 \nu R T_1 V_1}{V_3}$$

$$p_3 = \frac{4 \nu R T_1}{V_3}$$

$$8 = 8 \frac{V_3}{V_1} + 4 \frac{V_1}{V_3}$$

$$p_2 V_3 = 4$$

$$\frac{p_2 V_3}{p_1 V_1} = 2$$

$$4t$$

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

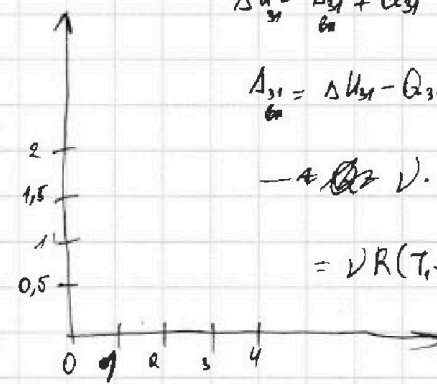
$$\Delta U_{31} = \Delta_{31} + Q_{31}$$

$$A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = \nu \cdot \frac{3}{2} R (T_1 - 4T_1) -$$

$$-4 \nu R (T_1 - 4T_1) =$$

$$= \nu R (T_1 - 4T_1) \left(\frac{3}{2} - 2 \right) =$$

$$\nu R \cdot (-3T_1) \cdot \left(-\frac{1}{2} \right) = \frac{3}{2} \nu R T_1$$



C

$$2p_3 V_3 = p_1 V_1$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 = \nu R 8T_1$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = 8$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{8 \nu R T_1}{4 \nu R T_1} = 2$$

$$p_2 V_2 - 2p_3 V_3 = p_1 V_1$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{\nu R T_1}{4 \nu R T_1} = \frac{1}{4}$$

$$2 = 2 \frac{V_3}{V_1} + \frac{V_1}{V_3} \quad p_1 V_1 = \frac{1}{4} p_3 V_3$$

$$p_2 (V_3 - V_1) = 4 p_1 V_1$$

$$(p_2 - \frac{1}{2} p_2) (V_3 - V_1) = \frac{p_2 V_1}{2}$$

$$4p_1 V_1 = p_3 V_3$$

$$2p_3 V_3 = p_2 V_1$$

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!



$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \Rightarrow \Delta_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23}$$

$$p = \alpha V$$

$$Q_{23} = -V (8T_1 - 4T_1) \cdot \frac{1}{2} R = -2VR T$$

$$p_2 = \alpha V_1$$

$$p_2 = \alpha T_2 + p_0$$

$$\Delta U_{23} = \nu C (4T_1 - 8T_1) = -\frac{3}{2} \nu R \cdot 4T = -6VR T$$

$$p_3 = \alpha V_3$$

$$p_3 = \alpha T_3 + p_0$$

$$-2VR T + 6VR T = 4VR T$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{V_1}{V_3}$$

$$A_{31} = -\frac{3}{2} VR T_1$$

$$\frac{p_2 V_3}{p_3 V_1} = 1$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{1}{4}$$

$$(p_1 - p_3)(V_1 - V_3) = -\frac{3}{2} VR T_1$$

$$V_2 = \alpha p_1$$

$$p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$$

$$p_1 V_1 + p_3 V_3 - p_1 V_3 - p_3 V_1 = -\frac{3}{2} VR T_1$$

$$V_3 = \alpha p_2$$

$$p_3 = \frac{4VR T_1}{V_3}$$

$$\nu R T_1 + 4VR T_1 + \frac{3}{2} VR T_1 = p_1 V_3 + p_3 V_1$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{p_3}{p_2}$$

$$\frac{p_2 V_3}{p_3 V_1} = 2 \quad p_2 V_1 = 2p_3 V_3$$

$$\frac{13}{2} VR T_1 = \frac{4VR T_1 V_1}{V_3} + \frac{VR T_1 V_3}{V_1}$$

$$\begin{cases} \frac{p_2 V_3}{p_3 V_1} = 1 \\ \frac{p_2 V_1}{p_3 V_3} = 2 \end{cases}$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{1}{4} \quad 4p_1 V_1 - p_3 V_3$$

$$13 = \frac{8}{t} + 2t$$

$$p_2 = \frac{8VR T_1}{V_1}$$

$$(p_2 - p_3)(V_1 - V_3) = 4VR T_1$$

$$2t^2 - 13t + 8 = 0$$

$$p_3 = \frac{4VR T_1}{V_3}$$

$$\frac{V_1}{V_3} = 2 \frac{V_3}{V_1}$$

$$8VR T_1 + 4VR T_1 - p_1 V_1 - p_3 V_3 = 4VR T_1$$

$$D = 169 - 64 = 105$$

$$V_1^2 = 4V_3^2$$

$$p_3 V_1 + p_2 V_3 = 8VR T_1$$

$$t_1 = \frac{13 + \sqrt{105}}{4}; \quad t_2 = \frac{13 - \sqrt{105}}{4}$$

$$V_1 = \sqrt{2} V_3$$

$$(p_1 - p_3)(V_1 - V_3) = 4VR T_1$$

$$(p_2 - p_3)(V_1 - V_3) = 4VR T_1$$

$$\frac{4VR T_1}{V_3} \cdot V_1 + \frac{8VR T_1}{V_1} \cdot V_3 = 8VR T_1$$

$$4p_1 V_1$$

$$p_2 = \sqrt{2} p_3$$

$$F \cos \alpha = ma$$

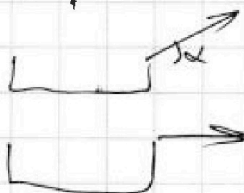
$$F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = ma$$

$$\frac{V_1}{V_3} + \frac{2V_3}{V_1} = 2$$

$$\pi p_1 V_1$$

$$(p_2 - \sqrt{2} p_3)(V_1 - \frac{1}{\sqrt{2}} V_1) =$$

$$F - \mu mg = ma$$



$$F \cos \alpha$$

$$= p_2 V_1 (1 - \sqrt{2}) (1 - \frac{1}{\sqrt{2}}) =$$

$$(p_1 - p_3)(V_1 - V_3) = p_3 V_3$$

$$V = mg - F \sin \alpha$$

$$F_{T1} = \mu(mg - F \sin \alpha)$$

$$F_{T2} = \mu mg$$



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

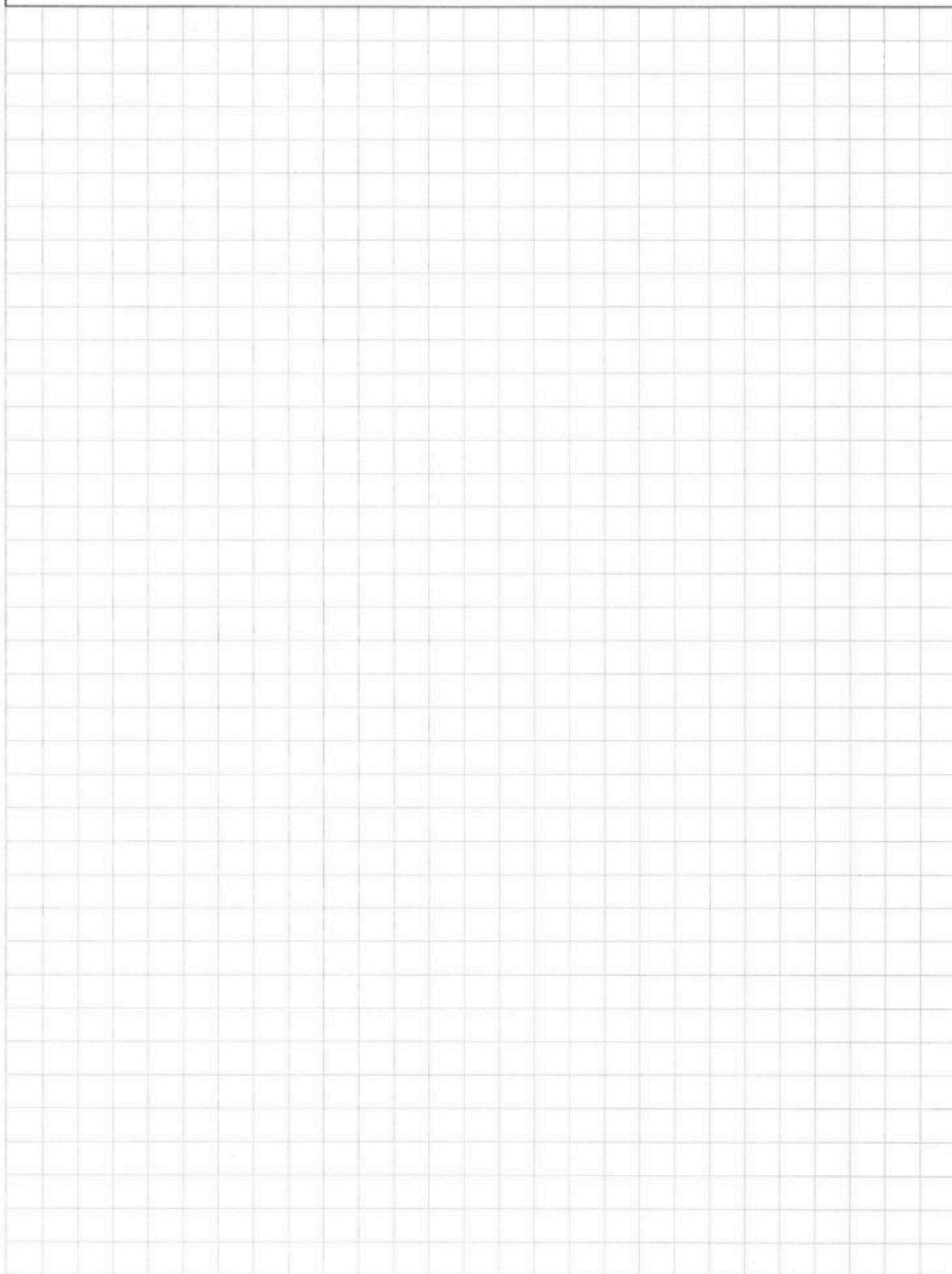
Отметьте крестиком номер задачи.

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!



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

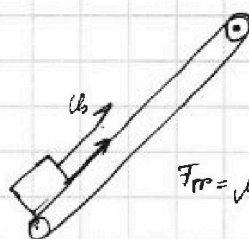
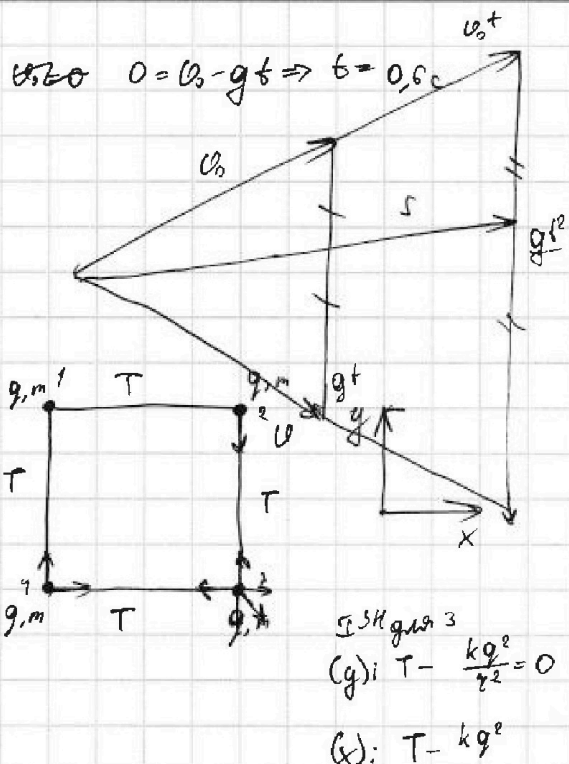
Отметьте крестиком номер задачи.

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!



$$F_{\text{пр}} = \mu mg \cos \alpha$$

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

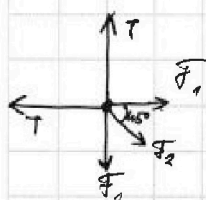
$$\alpha_x = 10 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{6} - \frac{9}{5} \right) =$$

$$W_{\text{п}} = \frac{kq^2}{r^2} + kq^2$$

$$W_{\text{п1}} = \frac{kq^2}{r^2} + \frac{kq^2}{r^2} + \frac{kq^2}{2r^2} = \frac{5kq^2}{2r^2}$$

$$W_{\text{п2}} = \frac{kq^2}{r^2} + \frac{kq^2}{4r^2} + \frac{kq^2}{9r^2}$$

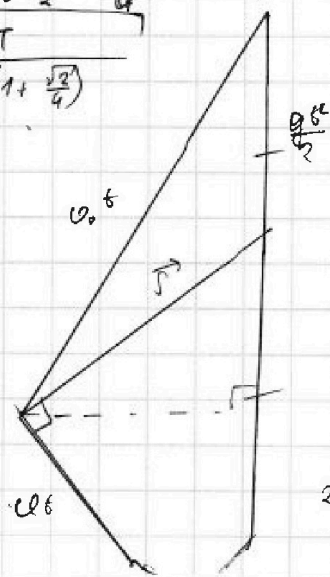
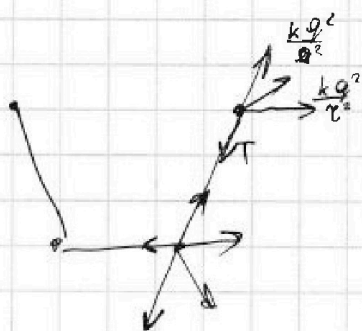
$$\Delta W_{\text{п}} = \frac{kq^2}{r^2} \left(1 + \frac{1}{2} - \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{m v_0^2}{2}$$



$$T = F_2 + F_2 \cos 45^\circ$$

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

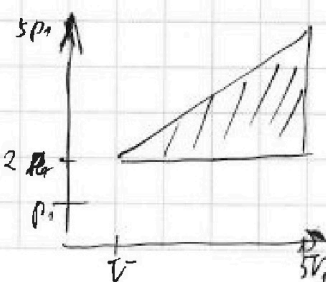
$$q = \sqrt{\frac{\alpha^2 T}{k \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)}}$$



$$\Delta U_{\text{пр}} = \Delta U_{\text{пр}} + Q_{\text{пр}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U_{\text{пр}} = -Q_{\text{пр}}$$

$$Q_{\text{пр}} = 12 p_1 V_1$$



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. Понятно QR-кода недопустима!



$$h = 20 \text{ м}$$

№1

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

$$0 = v_0 \sin \alpha - g \frac{t^2}{2}$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \quad \times \frac{24}{15,2}$$

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

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

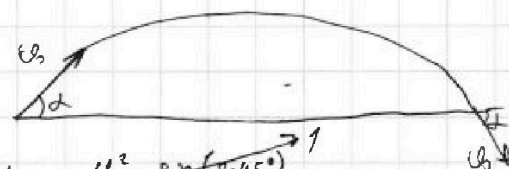
$$= \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{2gH}{v_0^2}$$

$$h = \frac{2 v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} \quad \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 20}$$

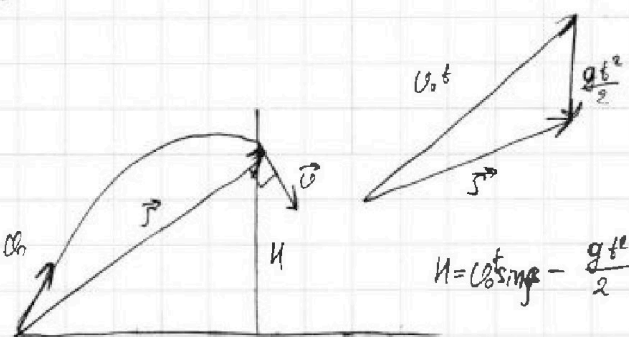
$$\sin \alpha =$$

$$\frac{24}{5} \quad \frac{-2g \pm \sqrt{4g^2 + 400}}{40}$$



$$h = \frac{v_0^2 \sin^2(2 \cdot 45^\circ)}{g}$$

$$v = \sqrt{gh} = \sqrt{20 \cdot 10} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$\sin \alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\mu = 0,5$$

$$N = mg \cos \alpha$$

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

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

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$s = v_0 t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)t^2}{2} = 10 \cdot 6 - \frac{10}{2} = 1$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = 2$$

$$p_1 V_1 - p_2 V_1 + p_2 V_2 - p_1 V_2 = 818 \text{ Дж}$$

$$0 = v_0 - gt$$

$$s = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} = 3,6 - 1,8 = 1,8$$

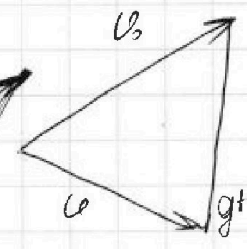
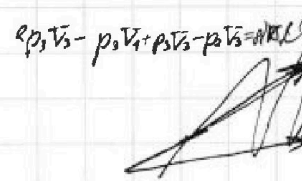
$$t = 0,6$$

$$818 \text{ Дж}$$

$$(p_1 - p_2)(V_1 - V_2) = A_{\text{вз}}$$

$$p_2 V_1 = 818 \text{ Дж}$$

$$p_2 V_2 = 419 \text{ Дж}$$



$$a = -10 \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{5} \right) =$$

$$a = -10 \left(\frac{1}{2} + \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) =$$

$$= -2(2+3) = -10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$