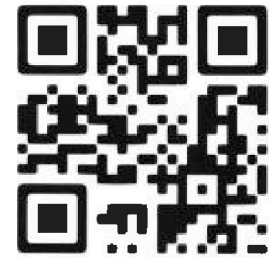




# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.

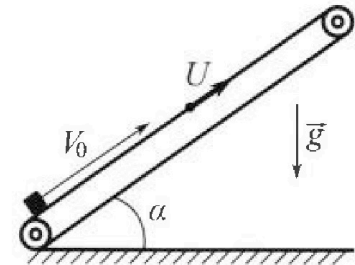
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  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.).

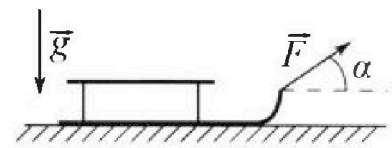
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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.



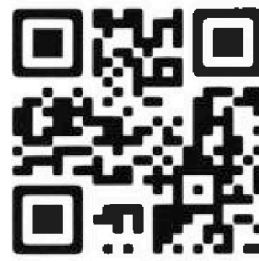
1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

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

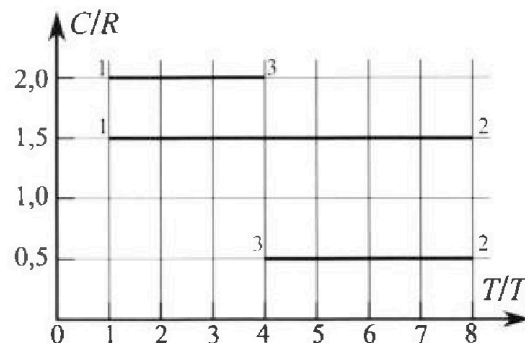
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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



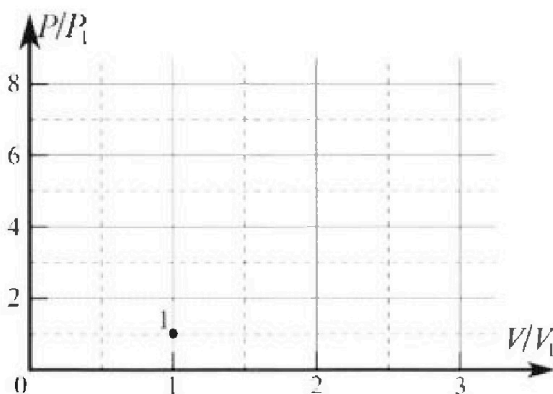
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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



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

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

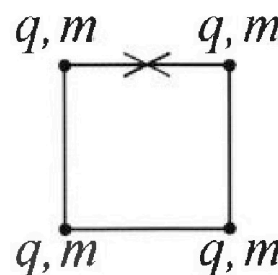
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



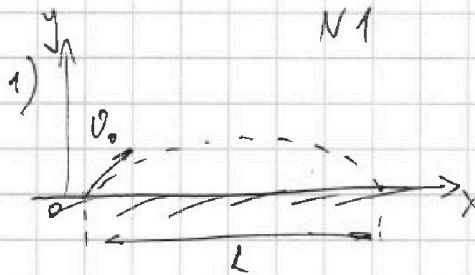
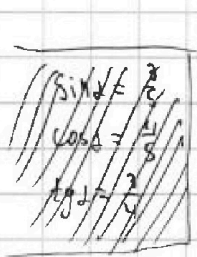
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



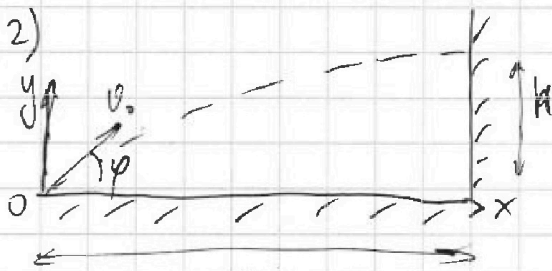
$t$  - время полета мяча

$$L = v_0 \cos \alpha t - \text{перемещение вдоль } OX$$

$$2v_0 \sin \alpha = gt - \text{изменение вертикальной составляющей скорости за } t$$

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{200} \text{ м/с} = 10\sqrt{2} \text{ м/с} \approx 14,1 \text{ м/с}$$



$\varphi$  - угол между землей и вектором нач. скорости. Он произвольный.

$\varphi_{\max}$  - угол, при котором мяч упадет в стенку на высоте H

$h(\varphi)$  - зависимость высоты столкновения от  $\varphi$ .

$T$  - время полета.

$$h = v_0 \sin \varphi T - \frac{gT^2}{2} - \text{перемещение вдоль } OY$$

$$S = v_0 \cos \varphi T - \text{перемещение вдоль } OX$$

$$T = \frac{S}{v_0 \cos \varphi} \Rightarrow h = S \tan \varphi - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \varphi} = S \tan \varphi - \frac{gS^2}{2v_0^2} (\tan^2 \varphi + 1)$$

$$h = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \varphi + S \tan \varphi - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

В максимуме функции  $h=x$ , а  $\varphi = \varphi_{\max}$ .  $\tan \varphi_{\max} = -\frac{8 \cdot 20^2}{-2 \cdot 9 \cdot 5^2} = \frac{v_0^2}{gS}$

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

$$\frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Rightarrow S^2 = \frac{2v_0^2}{g} \left( \frac{v_0^2}{2g} - H \right) = 256 \text{ м}^2$$

$$S = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $v_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$ ; 2)  $S = 16 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

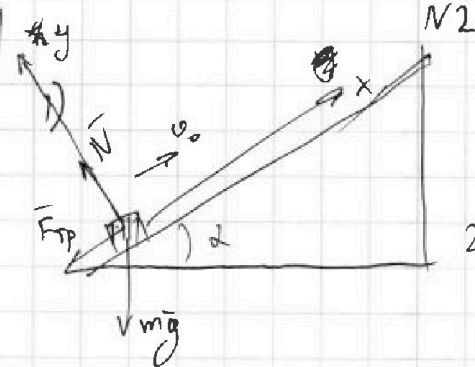
МФТИ

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

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$



$N$  - модуль силы реакции опоры

~~$$N = mg \cos \alpha$$~~

2-й з. Ньютона в проекции на  $Oy$ :

$$0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$F_{тр}$  - модуль силы трения.  $F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

2-й з. Ньютона в проекции на  $Ox$ :

$$-ma = -F_{тр} - mg \sin \alpha \Rightarrow ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \Rightarrow a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

где  $a$  - ускорение груза   
 модуль

$$x = v_0 t - \frac{at^2}{2} \text{ - зависимости коорд. от времени. Т.к. масса}$$

и с.о. выбрана так, чтобы как координата  $= 0$ , а движение происходило по направлению оси, то  $x = \text{перемещение} = \text{пути}$ .

~~$$S = v_0 T - \frac{aT^2}{2} = v_0 T - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2}{2}$$~~

$$S = 1 \text{ м}$$

2) Перейдем в с.о. движущейся ленты. Эта с.о. инерциальна, т.к. лента движется с постоянной скоростью  $u$ .

В тот момент, когда в ЛСО коробка движется со скоростью  $u$  в с.о. ленты ее скорость  $= 0$ . В начальный момент скорость коробки  $\vec{w} = \vec{v} - \vec{u}$  и  $|\vec{w}| = w = v - u$



При переходе в инерциальную с.о. ускорение не меняется  $u = at \Rightarrow T_1 = \frac{w}{a}$

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,5 \text{ с}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

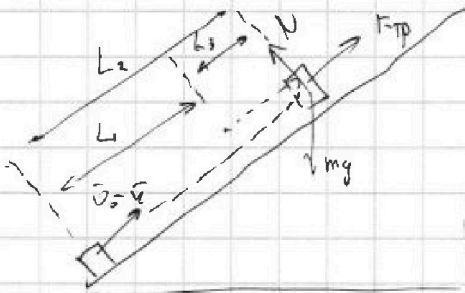
МФТИ

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



3) Когда в ЛСО коробка останавливается, в с.о. ленты ее скорость =  $u$  и направлена вниз.

Найдите, какое расстояние  $L_1$  пройдет ~~коробка~~ ~~до~~ ~~этой~~ ~~момента~~ ~~относительно~~ ~~ленты~~



Найдем, за какое время  $t_1$  коробка пройдет расстояние  $L_1$  (это тоже найдем) ~~до момента, когда она~~ ~~до~~ ~~этой~~ ~~момента~~

$$L_1 = L_2 - L_3$$

$$t_1 = t_2 + t_3$$

$$L_2 = \frac{(v_0 - u)^2}{2a} = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

Когда коробка остановится, она поедет обратно с ускорением, ~~равным~~ ~~по~~ ~~модулю~~ ~~a~~.

Второй закон Ньютона в проекции на ось:

$$ma = mgsin\alpha - F_{тр}$$

$$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha \Rightarrow a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$$

$$L_3 = \frac{u^2}{2a_1} = \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

$$t_2 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{v_0 - u}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

$$t_3 = \frac{u}{a_1} = \frac{u}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

$$t_1 = \frac{u}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + \frac{v_0 - u}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

$$L_1 = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

Т.к. лента тоже движется, то  $L = L_1 + ut_1$

$$L = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + \frac{u^2}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + \frac{u(v_0 - u)}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

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 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!

$$L = \frac{(v_0 - u)^2}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

$$L = \frac{(v_0 - u)}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} \left( \frac{v_0 - u}{2} + u \right) + \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

$$L = \frac{(v_0 - u)(v_0 + u)}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} + \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} + \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} = 4 \text{ м}$$

- ОТВЕТ: 1)  $S = 1 \text{ м}$   
2)  $T_1 = 0,5 \text{ с}$   
3)  $L = 4 \text{ м}$

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

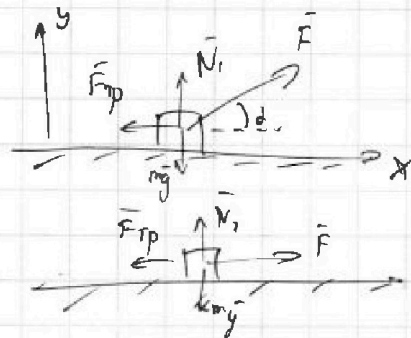
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№3

~~Варианты 1 и 2~~

1) запишем ЗСЭ для каждого случая:



$$\left\{ \begin{array}{l} 1) \quad F \cos \alpha - \mu N_1 L = K \\ 2) \quad FL - \mu N_2 L = K \end{array} \right.$$

2-й з. Ньютона в проекции на ось  $oy$  для каждого случая:

$$\left\{ \begin{array}{l} 3) \quad 0 = N_1 + F \sin \alpha - mg \\ 4) \quad 0 = N_2 - mg \end{array} \right.$$

$L$  — расстояние, пройденное до достижения энергии  $K$ . Одинаково в обоих случаях.

$$\Rightarrow \begin{array}{l} N_1 = mg - F \sin \alpha \\ N_2 = mg \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} FL \cos \alpha - \mu mg L + \mu FL \sin \alpha = K \\ FL - \mu mg L = K \end{array} \right. \Rightarrow \mu mg L = FL - K$$

$$EL \cos \alpha - EL + K + \mu EL \sin \alpha = K$$

$$\cos \alpha - 1 + \mu \sin \alpha = 0$$

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

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

2) ~~масса санок~~  $m$  — масса санок

~~ЗСЭ~~  $K - \mu N_2 S = 0$  — ЗСЭ для остановки влетающих санок

$$N_2 = mg$$

$$K = \mu mg S \Rightarrow$$

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$

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

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



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!



№4

1) В начале термод. для процесса 31:

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

~~Газ одноатомный~~ Газ одноатомный  $\Rightarrow i=3$

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

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{23} = \frac{1}{2} R$$

$$C_{31} = 2R$$

— теплоемкости в каждом процессе

$$\Delta U_{31} = \nu C_v (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (-3T_1) = -\frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$Q_{31} = \nu C_{31} (T_1 - T_3) = 2 \nu R (-3T_1) = -6 \nu R T_1$$

$$A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \underline{2493 \text{ Дж}}$$

$$2) \eta = 1 - \frac{|Q_{отг}|}{Q_{подг}}$$

Найдем  $Q$  в каждом процессе.

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (2T_1) = \frac{21}{2} \nu R T_1$$

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

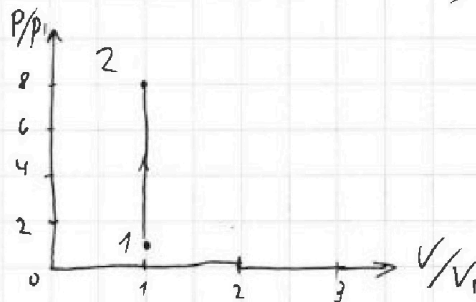
$$Q_{31} = -6 \nu R T_1$$

$$Q_{подг} = Q_{12} = \frac{21}{2} \nu R T_1$$

$$\Rightarrow Q_{отг} = -8 \nu R T_1$$

(т.к.  $Q_{отг} < 0$ , а  $Q_{подг} > 0$ )

$$\eta = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21}$$



3) Процесс 12 — изохорный, т.к.

$$C_{12} = C_v = \frac{3}{2} R \Rightarrow V_1 = V_2$$

$$\frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$$

Ответ: 1)  $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$

$$2) \eta = \frac{5}{21}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

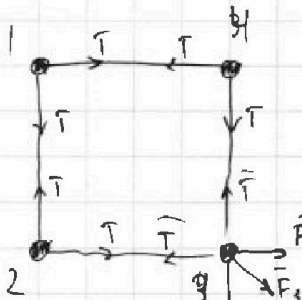
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



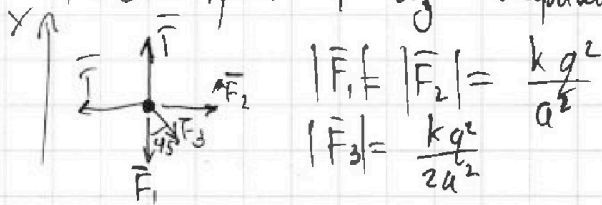
№5



1) Рассмотрим 1 из шариков системы как метрику, по которой все равно какой. На него действует 4 силы.

То, что все силы на него имеют равны значения, что на все шары действуют одинаково силы. ~~и т.д.~~  
 $\Rightarrow$  все заряды <sup>и массы</sup> одинаковы, и система симметрична.

Рассмотрим 1 из шариков



$$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$|\vec{F}_3| = \frac{kq^2}{2a^2}$$

2-й з. Ньютона в проекции на X:  $T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cos 45^\circ$

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

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

$$T = \frac{kq^2 (4 + \sqrt{2})}{4a^2}$$

$$\Rightarrow |q| = 2a \sqrt{\frac{T}{k} (4 + \sqrt{2})^{-1}}$$

2)  $E_1$  - потенциальная энергия системы изначально  
 $E_2$  - потенциальная энергия сист., когда шары летят по 1-ой прямой.

$$E_1 = 4 \left( \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} \right) = \frac{4kq^2}{a} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{4kq^2}{a} \left( \frac{2\sqrt{2} + 1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$E_2 = 2 \left( \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{2a} \right) + 2 \left( \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} \right)$$

$$E_2 = \frac{2kq^2}{a} \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) + \frac{2kq^2}{a} \left( 2 + \frac{1}{2} \right) = \frac{2kq^2}{a} \left( \frac{11}{6} + \frac{5}{2} \right)$$

$$E_2 = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{26}{3}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

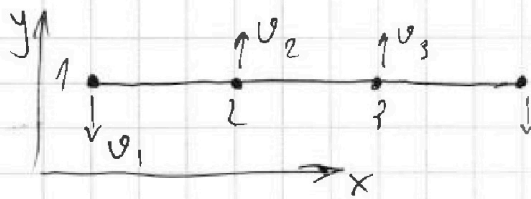
решение которой представлено на странице:



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!



Когда шарик на 1-ой прямой  
все скорости направлены вдоль  $oy$   
(иначе быть бы порча лась)

В силу симметрии шарик 1 и 4; 2 и 3 движутся с  
одинак. скоростями  $\Rightarrow v_1 = v_4 \quad v_2 = v_3$

ЗСМ по  $oy$ :  $2mv_1 = 2mv_2 \Rightarrow v_1 = v_2 \Rightarrow$  все скорости равны по  
модулю.

Т.е. у любого шарика кин. энергия равна  $K$ .

ЗСД:  $E_1 = E_2 + 4K$

$$\frac{4kq^2}{a} \left( \frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \right) = 4K + \frac{26 \cdot kq^2}{3 \cdot a}$$

$$4K = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{8\sqrt{2}+4}{\sqrt{2}} - \frac{26}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{24\sqrt{2}+12-26\sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \right)$$

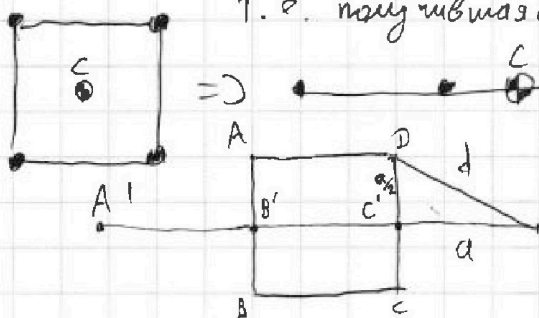
$$4K = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{12-2\sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \right)$$

$$K = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{12-2\sqrt{2}}{12\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{6-\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right)$$

$$K = \frac{K}{a} \cdot \frac{6-\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \cdot \frac{24a^2T}{K(4+\sqrt{2})} = aT \cdot \frac{6-\sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \cdot \frac{2}{4+\sqrt{2}}$$

$$K = aT \frac{12-2\sqrt{2}}{12\sqrt{2}+6} = aT \frac{6-\sqrt{2}}{6\sqrt{2}+6} = aT \frac{6-\sqrt{2}}{6(\sqrt{2}+1)}$$

3) На шст. не действ. Внешние шш  $\Rightarrow$  центр масс непо-  
двигает. Укажите, где расположен в центре квадрата.  
Т.е. тангенциальная прямая проходит через внешний  
центр квадрата.



По т. Пифагора

$$d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = a \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$



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!

Ответ: 1)  $|q| = 2a \sqrt{\frac{T}{k} (4 + \sqrt{2})^{-1}}$   
2)  $K = aT \frac{6 - \sqrt{2}}{6\sqrt{2} + 6}$   
3)  $d = a \frac{\sqrt{5}}{2}$



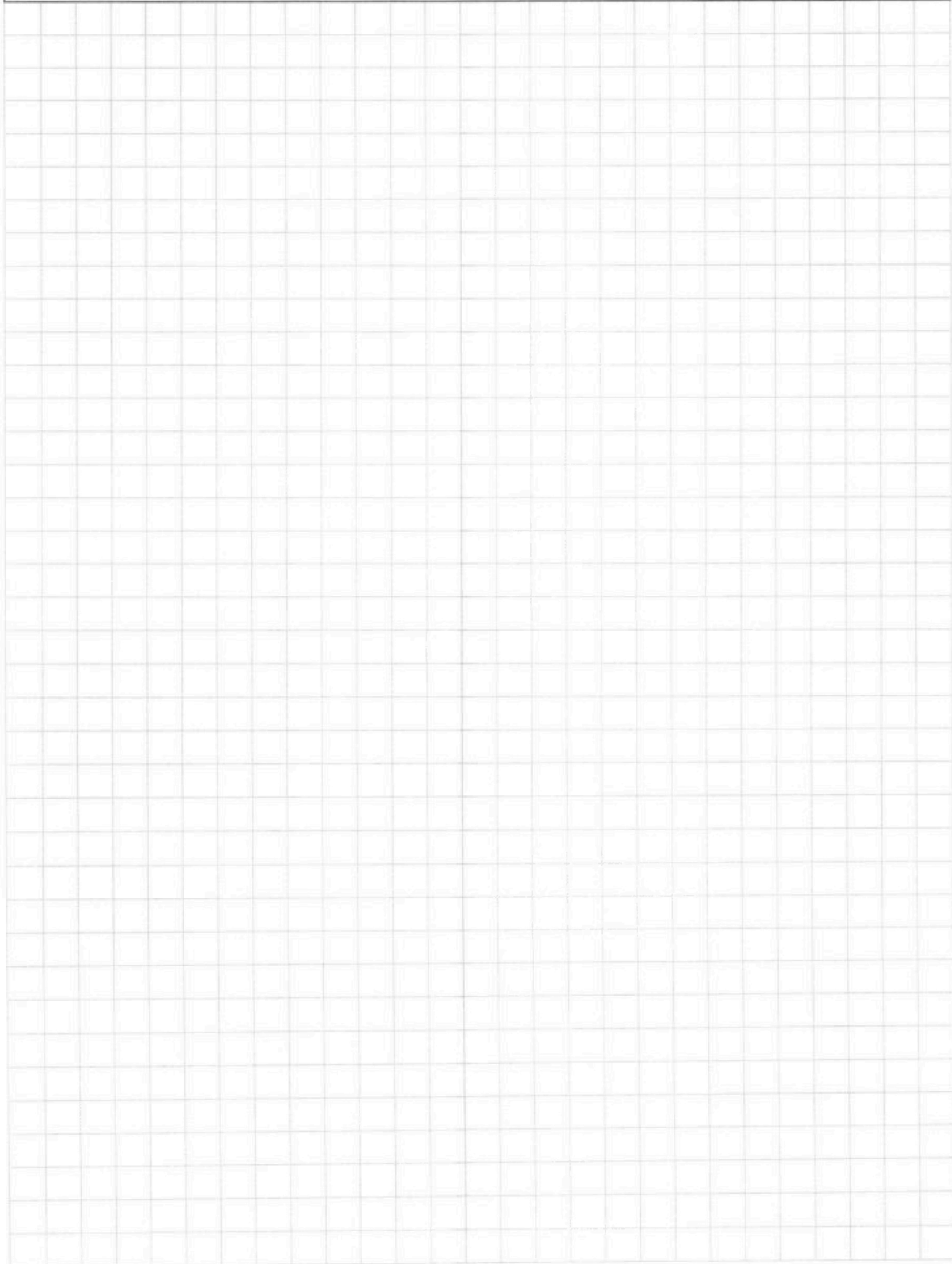
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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



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!



Черновик

~~0 + A\_F + A\_{TP} = K~~

~~1) FS cos α - μmgS = K~~

~~2) FS -~~

~~1) FS cos α - μNS = K~~  
~~2) FS - μmgS = K~~  
~~3) N = mg - F sin α~~

⇒ ~~FS cos α - μmgS + μFB sin α = K~~  
~~FS - μmgS = K~~  
~~μmgS = FS - K~~

~~FS cos α = FS + K + μFB sin α~~

~~μmgS = FS - K~~

~~FS cos α - μS(mg - F sin α) = K~~

~~FS cos α - μmgS + μFS sin α = K~~

~~FS cos α - FS + K + μFS sin α = K~~

~~A\_F + A\_{TP} = K~~

$\frac{mv^2}{2} - \mu mgS = 0$

~~FL cos α - μNL = K~~

~~N = mg - F sin α~~

~~FL - μmgL = K~~

~~FL cos α - μmgL + μFL sin α = K~~

~~μmgL = FL - K~~

~~FL cos α - FL + K + μFL sin α = K~~

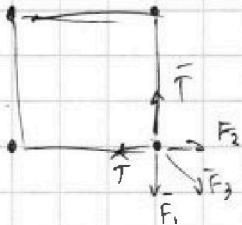
~~cos α - 1 + μ sin α = 0~~

~~μ sin α = 1 - cos α~~

~~μ = \frac{1 - cos α}{sin α}~~

$\frac{3}{2} + \frac{1}{3} = \frac{2}{6} + \frac{9}{6} = \frac{11}{6}$

$\frac{11}{6} + \frac{15}{6} = \frac{26}{6} = \frac{13}{3}$

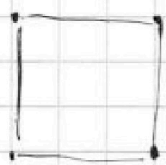


$F_1 = F_2 = \frac{kq^2}{a^2}$

$F_3 = \frac{kq^2}{2a^2}$

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

$y = \frac{a^2 T}{k} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)^{-1}$

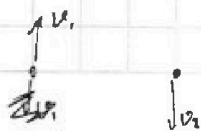


$\frac{4kq^2}{a^2}$

$E_1 = 4 \left( \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} \right) = \frac{4kq^2}{a} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$

$E_2 = 2 \left( \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} \right) + 2 \left( \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} \right)$

$E_1 = E_2 + mv_1^2 + mv_2^2 = 2mv^2 = 4K$





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!



$i=3$   $C_v = \frac{3}{2}R$   $C_p = \frac{5}{2}R = 2,5R$   
 $\overset{1,5R}{\text{''}}$

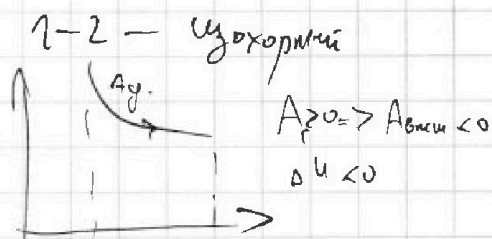
$C_{23} = 2R$

$Q_{\text{получ}} = A + Q_{\text{отд}}$

$\Delta U = Q + A_{\text{внеш}}$

$\Delta U = \int C_v dT$

$Q = \int C_p dT$



~~$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} \nu R T_1$~~

~~$Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T = 2 \nu R \cdot 3T_1 = 6 \nu R T_1$~~

~~$\frac{9}{2} \nu R T_1 = 6 \nu R T_1 + A_{31}$~~

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = -\frac{9}{2} \nu R T_1$

$Q_{31} = \int C_{31} dT = -6 \nu R T_1$

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

$A_{31} = 6 \nu R T_1 - 4,5 \nu R T_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1$

$\eta = \frac{A_{31}}{Q_{\text{получ}}} = 1 - \frac{|Q_{\text{отд}}|}{Q_{\text{получ}}}$

$Q_{\text{получ}} = A_{31} + Q_{\text{отд}}$

$\Downarrow$   
 $A_{31} = Q_{\text{получ}} - Q_{\text{отд}}$

$Q_{\text{отд}} = Q_{23} + Q_{31}$

$Q_{\text{получ}} = Q_{12}$

$Q_{12} = \frac{1}{2} \nu R (4T_1 - 2T_1) = 2 \nu R T_1$

$Q_{31} = -6 \nu R T_1$

$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (7T_1) = \frac{21}{2} \nu R T_1$

$\eta = 1 - \frac{2,8 \nu R T_1}{21 \nu R T_1} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21}$

$pV = \nu RT \Rightarrow V = \frac{\nu RT}{p}$

1-2):  $\frac{T_1}{p_1} = \frac{T_2}{p_2} \Rightarrow p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 8p_1$

2-3):  $p_2 V_2 = \nu R T_2 = 8 \nu R T_1$   
 $p_3 V_3 = \nu R T_3 = 4 \nu R T_1$

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

$\frac{8 \cdot 31}{2 \cdot 300} = \frac{2493,00}{300}$

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!

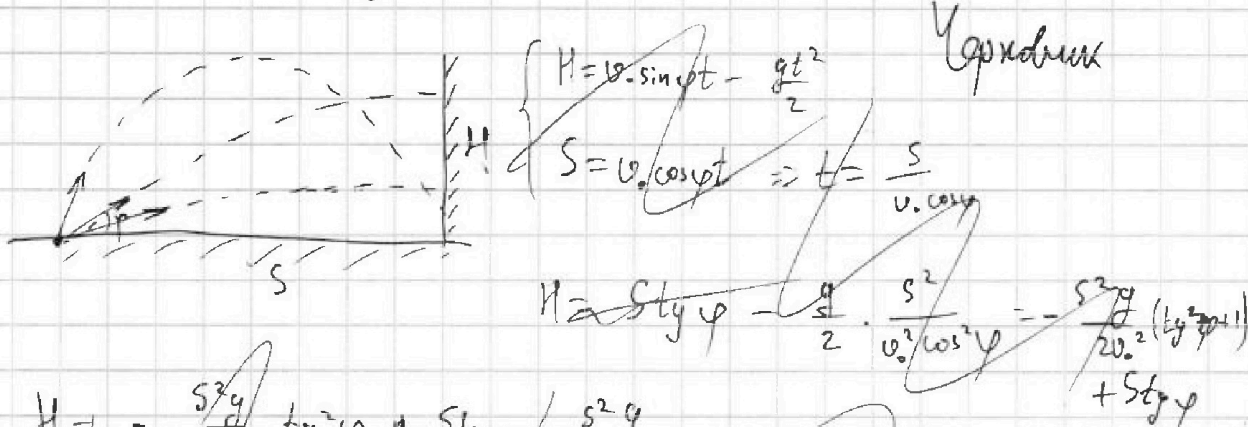


$$L = v \cos \alpha t$$

$$gt = 2v \sin \alpha \Rightarrow t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$$

$$\Rightarrow L = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} \quad 200 = v^2$$

$$v = 10\sqrt{2} \text{ м/с} = 14,1 \text{ м/с}$$



$$H = -\frac{S^2 g}{2v_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{S^2 g}{2v_0^2}$$

$$\tan \alpha_{\max} = \frac{S \cdot 2v_0^2}{S^2 g} = \frac{2v_0^2}{Sg}$$

$$H_{\max} = -\frac{S^2 g}{2v_0^2} \left(\frac{2v_0^2}{Sg}\right)^2 + \frac{2v_0^2}{g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2}$$

$$H = -\frac{2v_0^2}{g} + \frac{2v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$\begin{cases} S = v_0 \cos \alpha t \\ H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

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

$$x_1 = \frac{-B + \sqrt{D}}{2a}$$

$$x_2 = \frac{-B - \sqrt{D}}{2a}$$

$$\frac{x_1 + x_2}{2} = -\frac{2B}{2a} = -\frac{B}{a}$$

$$H = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$H = -\frac{gS^2}{2v_0^2} x^2 + Sx - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$x_0 = \frac{+S \pm \sqrt{S^2 - 4 \cdot (-\frac{gS^2}{2v_0^2})}}{2 \cdot (-\frac{gS^2}{2v_0^2})} = \frac{v_0^2}{gS}$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \Rightarrow \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H$$

$$\frac{2 \cdot 200}{10} \cdot \left(\frac{200}{20} - 3,6\right) = 40(10 - 3,6) = 40 \cdot 6,4 = 256$$

$$H = -\frac{gS^2}{2v_0^2} x^2 + Sx - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \Rightarrow \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H$$

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 чертковым и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

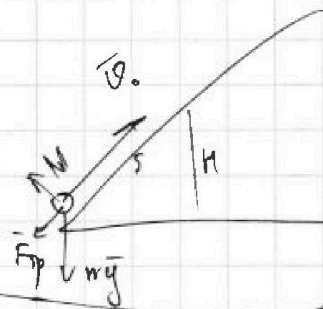
Чертовик

1)

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$f_y = \frac{3}{4}$$



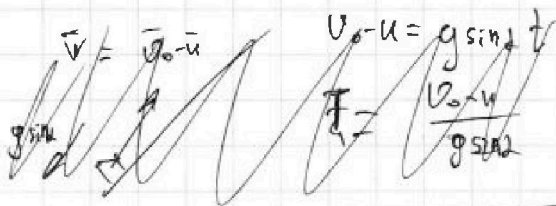
$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{tr} = \mu mg \cos \alpha$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgH + \mu mg S \cos \alpha$$

S=6

2) В с.о. левтн



$$\frac{v_0^2}{2} = gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

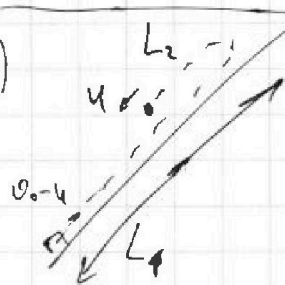
$$S = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$v_0 - u = at$$

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

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

3)



$$L_1 = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L_2 = \frac{u^2}{2a_2}$$

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

$$L_2 = \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$T_2 = \frac{u}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$L_3 = L_1 - L_2$$

$$L_3 = \frac{v_0^2 - 2v_0 u + u^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$L_4 = L_3 + u(T_1 + T_2)$$

$$L_4 = L_3 + \frac{u(v_0 - u)}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \frac{u^2}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$S = 6 - \frac{10 \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{u^2}{5} + \frac{9}{8} \right)}{5}$$

$$\frac{v_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \left( \frac{v_0 - u}{2} + u \right) + \frac{u^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 3.5 + \frac{1}{2} = 4$$