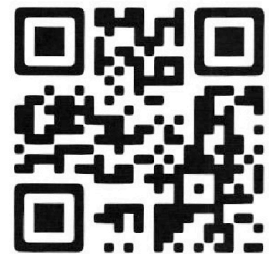




Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

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.

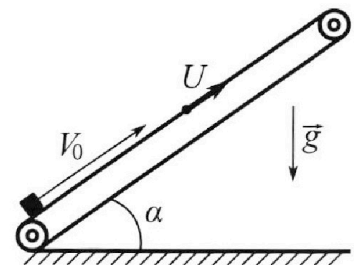
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ус корение 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.).

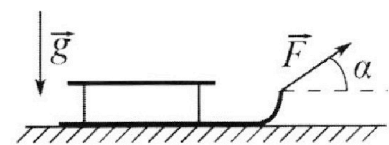
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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.

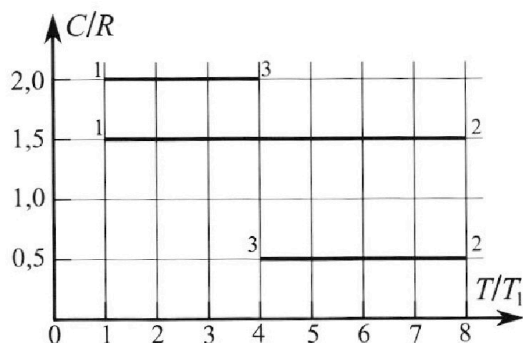
2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения  $g$ . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-02

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

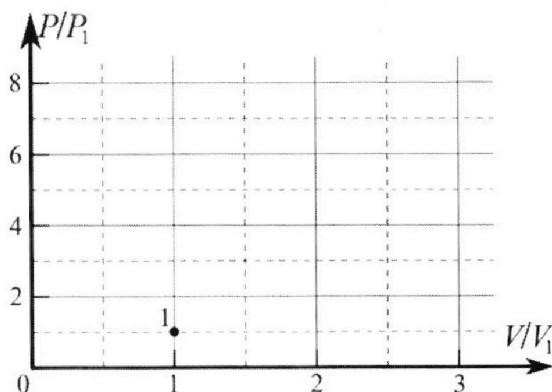
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

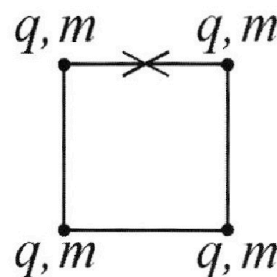
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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
<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!

$$1) L = V_0 \cos \alpha \cdot t = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} \rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin(2\alpha)}} = 10\sqrt{2} \left(\frac{m}{c}\right)$$

2) Углы  $\beta$  - векторы  $\vec{v}$  и  $\vec{v}_0$  образуют, ~~то~~ который составляет  $\vec{v}_0$  с горизонтальной, а  $h$  - с осью  $Oy$  высота точки  $A$  со скоростью, м.е.  
 $h_{max} = H$ .

$$t = \frac{S}{V_0 \cos \beta}$$

$$\Rightarrow h(\beta) = V_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{V_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \beta} = S \tan \beta - \frac{g S^2}{V_0^2 (1 + \cos(2\beta))}$$

$$\Rightarrow \frac{d}{d\beta} h(\beta) = \frac{S}{\cos^2 \beta} - \frac{2g S^2 \sin(2\beta)}{V_0^2 (1 + \cos(2\beta))^2} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{g S}{V_0^2} = \frac{1 + \cos(2\beta)}{\sin(2\beta)} \Rightarrow \cos^2 \beta - \frac{g S}{V_0^2} \sin \beta \cos \beta = 0$$

$$\cos \beta \text{ не равен нулю, т.е.} \Rightarrow \tan \beta = \frac{V_0^2}{g S}, \quad \cos^2 \beta = \frac{g^2 S^2}{g^2 S^2 + V_0^4}$$

$$\Rightarrow H = S \cdot \frac{V_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cdot \frac{g^2 S^2}{g^2 S^2 + V_0^4}}$$

$$\Rightarrow S = \frac{V_0}{g} \sqrt{V_0^2 - 2gH} = 16 \text{ (м)}$$

Ответ: 1)  $V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = 10\sqrt{2} \left(\frac{m}{c}\right)$

2)  $S = \frac{V_0}{g} \sqrt{V_0^2 - 2gH} = 16 \text{ (м)}$

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

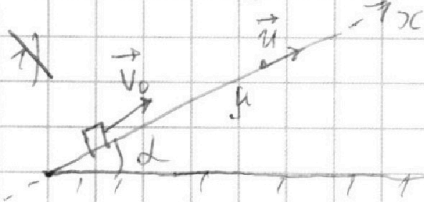
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

Покажите обозначения треугольника по времени.



$$1) \dot{x} = V_0 + t(-g \sin \alpha - g \mu \cos \alpha) = V_0 - g t (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

по остановке:  $|\Delta x| = \frac{V_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$ ;  $\Delta$

после:  $|\Delta x| = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t^2 (v=0) \cdot (T - t(v=0))^2}{2} =$

$$t(\dot{x}=0) = \frac{V_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,6 \text{ (с)}$$

$$\Rightarrow |\Delta x_{\text{после}}| = \frac{20 \cdot 0,2 \cdot 0,4^2}{2} = 0,16 \text{ (м)}$$

$$|\Delta x_{\text{до}}| = 1,8 \text{ (м)} \Rightarrow S = |\Delta x_{\text{после}}| + |\Delta x_{\text{до}}| = 1,96 \text{ (м)}$$

2) Угелке  $\tau$  оговариваем до относительной остановки скорости и длины.

2 - после

$$\ddot{x}_1 = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \Rightarrow \dot{x} = V_0 - g t (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \neq$$

$$\Rightarrow \dot{x}(T_1) = u = V_0 - g T_1 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \Rightarrow T_1 = \frac{V_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} =$$

$$= 0,5 \text{ (с)}$$

$$3) \ddot{x}_2 = -g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \Rightarrow \dot{x}_2 = u - g t (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$\dot{x}_2(T_3) = -u = u - g T_3 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \Rightarrow T_3 = \frac{2u}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$\Rightarrow x_2 = x_1(T_1) + u t - \frac{g t^2}{2} (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$x_1(T_1) = \frac{V_0^2 - u^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \Rightarrow x_2(T_3) = L = \frac{V_0^2 - u^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 1,45 \text{ (м)}$$

Ответ: 1) 1,96 м; 2)  $\frac{V_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,5 \text{ с}$  3)  $\frac{V_0^2 - u^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 1,45 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



№ 3

Кривая  $l$  - участок пути, на котором санки разгоняются.

$$k = \frac{p^2}{2m}$$

1) ~~мат~~ для первого участка:  $m a_1 = F \cos \alpha - (mg - F \sin \alpha) \mu$

$$\Rightarrow a_1 = \frac{F \cos \alpha - (mg - F \sin \alpha) \mu}{m}$$

$$\Rightarrow l = \frac{\frac{p^2}{m^2}}{2 \cdot \frac{F \cos \alpha - (mg - F \sin \alpha) \mu}{m}} = \frac{k}{F \cos \alpha - (mg - F \sin \alpha) \mu}$$

для второго:  $l = \frac{\frac{p^2}{m^2}}{2 \cdot \frac{F - mg \mu}{m}} = \frac{k}{F - mg \mu}$

$$\Rightarrow F - mg \mu = F \cos \alpha + F \mu \sin \alpha - mg \mu \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$2) k = A_{\text{уп}} = mg \mu S \Rightarrow S = \frac{k}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ , 2)  $S = \frac{k \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



NY

$$1) \quad 3 - 1: \quad Q_{37} = 2VR \cdot (-3T_7) = -6T_7 VR \Rightarrow 6T_7 = \frac{9}{2} VR$$

$$Q_{37} = \frac{3}{2} VR \cdot (-3T_7) - A_{37}$$

$$\Rightarrow 6 VR T_7 = \frac{9}{2} VR T_7 + A_{37} \Rightarrow A_{37} = \frac{3}{2} VR T_7 = 2493 \text{ (Дж)}$$

$$2) \quad Q_{12} = A_{12} + \frac{3}{2} VR \cdot 4T_7 = \frac{3}{2} VR \cdot 4T_7 \Rightarrow A_{12} = 0$$

$$Q_{23} = A_{23} + \frac{3}{2} VR \cdot (-4T_7) = \frac{1}{2} VR (-4T_7)$$

$$\Rightarrow A_{23} = -4T_7 VR \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\right) = 4 VR T_7$$

$$A = A_{23} + A_{12} - A_{37} =$$

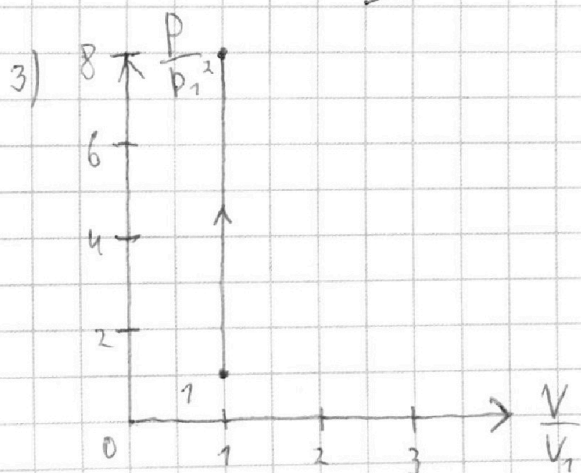
$$= 4 VR T_7 + \frac{3}{2} VR T_7 =$$

$$= \frac{11}{2} VR T_7 = \frac{11}{2} \cdot 18,31 \cdot 200 = 831,11 = 831 \text{ Дж}$$

$$Q = Q_{12} = \frac{21}{2} VR T_7$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{11}{2} VR T_7}{\frac{21}{2} VR T_7} = \frac{11}{21}$$

-  $A_{37}$  и к. вкл.  $A_{12}$  равна к. вкл.  $A_{23}$ , а не нуля.



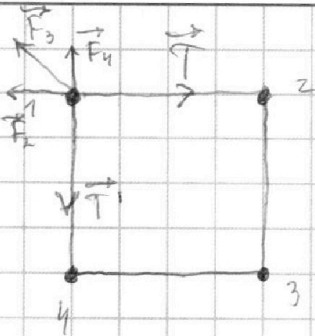
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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  $\|\vec{T}\| = \|\vec{T}'\| = T$ ,  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

1)  $\vec{T} + \vec{T}' + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$

$T = F_4 + F_3 \frac{1}{\sqrt{2}} =$

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

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

$= 2a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}}$

Ответ: 1)  $|q| = 2a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

$$E = \frac{2m v_0^2}{2} + \frac{2m v_n^2}{2} + E_n = m(v_0^2 + v_n^2) + E_n$$

для одного из крайних:  $E_n = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{2}{2} + \frac{1}{3} \right) =$   
 $= \frac{11}{6} \frac{kq^2}{a}$

для одного из внутренних:  $E_n = \frac{2kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} =$   
 $= \frac{5}{2} \frac{kq^2}{a}$

$$\Rightarrow \frac{4kq^2}{a} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = m(v_0^2 + v_n^2) + 2 \left( \frac{11}{6} \frac{kq^2}{a} + \frac{5}{2} \frac{kq^2}{a} \right) +$$

$$\Rightarrow \frac{4kq^2}{a} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = m(v_0^2 + v_n^2) + 2k_n + 2k_0 + \frac{26}{3} \frac{kq^2}{a}$$

$$0 = 4m \vec{v}_0 + m \vec{v}_0' + m \vec{v}_n + m \vec{v}_n' \Rightarrow -(\vec{v}_0 + \vec{v}_0') = \vec{v}_n + \vec{v}_n'$$

$\vec{v}_0$  и  $\vec{v}_0'$  сонаправлены,  $\vec{v}_n$  и  $\vec{v}_n'$  — в одну сторону

$$\Rightarrow -4v_0^2 = 4v_n^2$$

~~н 4~~

$$\vec{v}_n' + \vec{v}_0' = -(\vec{v}_n + \vec{v}_0) \Rightarrow v_n^2 + v_0^2 + 2\vec{v}_n \cdot \vec{v}_0' = -(v_n^2 + v_0^2 + 2\vec{v}_n \cdot \vec{v}_0)$$

н 4

$$1) Q = 2\sqrt{3}RT = -6\sqrt{RT}_1$$

$$\Rightarrow -6\sqrt{RT}_1 = -\frac{9}{2}\sqrt{RT}_1 \cdot A_{31}$$

$$Q = -\frac{3}{2}\sqrt{RT}_1 \cdot A_{31}$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2}\sqrt{RT}_1 = A_{31}$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 1.8,31 \cdot 200 = 831.3 = 2493 \text{ (Дж)}$$

$$2) A_{31} = -\frac{3}{2}\sqrt{RT}_1. Q_{12} = A_{12} + \frac{3}{2}\sqrt{RT}_1 = \frac{3}{2}\sqrt{RT}_1$$

$$\Rightarrow A_{12} = 0$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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

$$F_{\text{нр макс}} = mg \mu \cos \alpha = 10 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \text{ м} = 4 \text{ м}$$

$$mg \sin \alpha = 10 \cdot 0,6 \text{ м} = 6 \text{ м} > 4 \text{ м} \Rightarrow \text{дальнейшее движение будет происходить}$$

$$\Rightarrow \ddot{x}_2 = -g \sin \alpha + g \mu \cos \alpha \Rightarrow \dot{x}_2 = V_0 - g t (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$\dot{x}_2 = -U = U - g T_3 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \Rightarrow T_3 = \frac{2U}{g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$L = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| \quad |\Delta x_1| = \frac{V_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow x_2 = x_1(T_3) + U t - \frac{g t^2}{2} (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

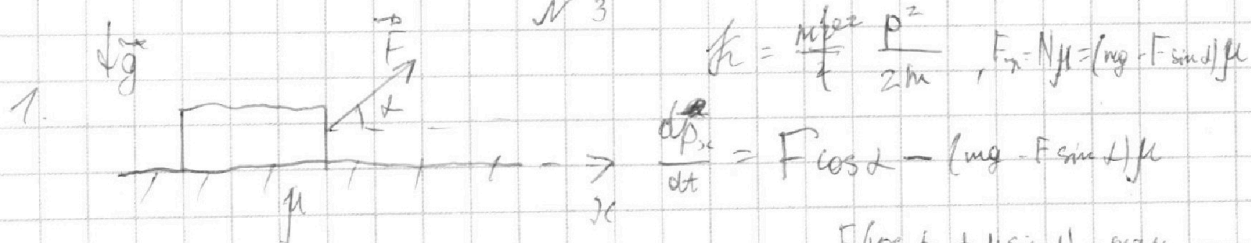
$$x_1(t) = V_0 t - \frac{g t^2}{2} (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\Rightarrow x_1(T_3) = x_1 \left( \frac{V_0 - U}{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \right) = V_0 \frac{V_0 - U}{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{g (V_0 - U)^2}{2 g^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)^2} =$$

$$= \frac{2V_0(V_0 - U) - (V_0 - U)^2}{2g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{2V_0^2 - 2V_0U - V_0^2 + 2V_0U - U^2 + 2V_0U}{2g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{V_0^2 - U^2}{2g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$\Rightarrow x_2(T_3) = \frac{V_0^2 - U^2}{2g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \frac{2U^2}{g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} - \frac{g}{2} \frac{2U^2}{g^2 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)^2} =$$

$$= \frac{V_0^2 - U^2}{2g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = L = \frac{36^2 - 1}{20 \cdot 7} = \frac{35}{20} = \frac{7}{4} = 1,75 \text{ (м)}$$



$$k = \frac{m \mu^2}{t} \frac{p^2}{2m}, \quad F_x = N \mu = (mg - F \sin \alpha) \mu$$

$$\frac{dp_x}{dt} = F \cos \alpha - (mg - F \sin \alpha) \mu$$

$$\Rightarrow p = (F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg \mu) t, \quad a_1 = \frac{F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg \mu}{m}$$

$$= \frac{p^2}{2m (F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg \mu)} = \Rightarrow l = \frac{p^2}{2 \frac{F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg \mu}{m}} =$$

$$= \frac{k}{F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg \mu}$$

$$l = \frac{p^2}{2 \cdot \frac{F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg \mu}{m}} = \frac{k}{F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg \mu}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



$$F - mg\mu = F \cos \alpha + F \mu \sin \alpha - mg\mu \Rightarrow 1 = \cos \alpha + \mu \sin \alpha$$

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

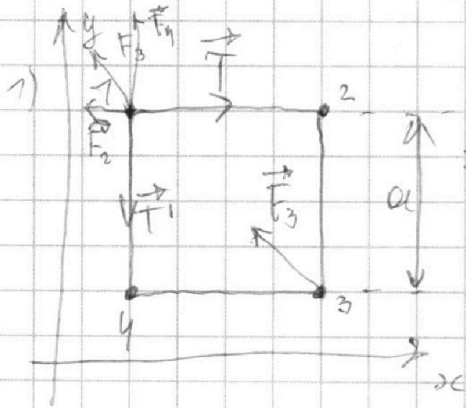
2)  ~~$K = A_{\text{упр}} = mg$~~  Проверим условие:  $K = A_{\text{упр}} = (mg - F \sin \alpha) \mu S$

~~$$\Rightarrow S = \frac{K}{(mg - F \sin \alpha)} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$~~

$$\begin{array}{r} 837 \\ \times 11 \\ \hline 837 \\ 837 \\ \hline 9147 \end{array}$$

то же

2)  $K = A_{\text{упр}} = mg \mu S \Rightarrow S = \frac{K}{mg \mu} = \frac{K}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$



$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$$

$$\vec{T} + \vec{T}' + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$$

$$\text{Oy: } T' = F_4 + F_3 \frac{1}{\sqrt{2}} =$$

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

$$\text{Ox: } T = F_2 + F_3 \frac{1}{\sqrt{2}} = k \frac{|q|^2}{a^2} = T \Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{a^2 T}{k \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)}}$$

$$= a \sqrt{\frac{4\pi \epsilon_0 T}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}} = 2a \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0 T}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}}$$

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{e}_{12}$$

2)



$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\nabla$$

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

по переменной теме:

$$\text{Условно: } E_n = \frac{2kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} = \frac{kq^2}{a} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \Rightarrow E = \frac{4kq^2}{a} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

насел в центре, когда они на одной прямой:

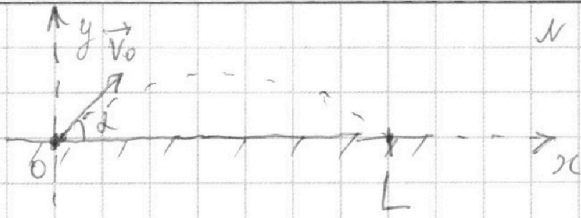
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

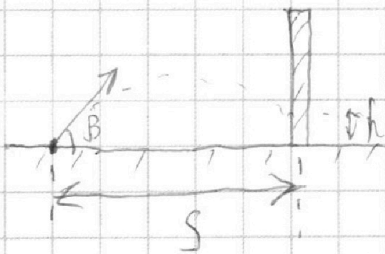
$$\alpha = \frac{\pi}{4}$$

$$L = 20 \text{ м}$$

$$1) L = V_0 \cos \alpha \cdot t = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100}{1}} = 10\sqrt{2} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

2)



$$h_{\text{max}} = H = 3,6 \text{ м}$$

$$h = V_0 \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \frac{S}{V_0 \cos \beta}$$

$$\Rightarrow h(\beta) = V_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{V_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \beta} = S \tan \beta - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$\frac{dh(\beta)}{d\beta} = \frac{S}{\cos^2 \beta} - \frac{gS^2}{2V_0^2} \cdot \left(-2 \cdot \frac{1}{\cos^3 \beta}\right)$$

$$= S \tan \beta - \frac{gS^2}{2V_0^2} \cdot \frac{2}{1 + \cos(2\beta)} = S \tan \beta - \frac{gS^2}{V_0^2 (1 + \cos(2\beta))}$$

$$\Rightarrow \frac{d}{d\beta} h(\beta) = \frac{S}{\cos^2 \beta} - \frac{gS^2}{V_0^2} \left( \frac{-2 \sin(2\beta)}{(1 + \cos(2\beta))^2} \right) = \frac{S}{\cos^2 \beta} - \frac{2gS^2 \sin(2\beta)}{V_0^2 (1 + \cos(2\beta))^2} = 0$$

$$\Rightarrow S = \frac{2gS^2 \sin(2\beta)}{V_0^2 (1 + \cos(2\beta))^2} \cdot \frac{1 + \cos(2\beta)}{2} = \frac{gS^2 \sin(2\beta)}{V_0^2 (1 + \cos(2\beta))}$$

$$\Rightarrow \frac{gS}{V_0^2} = \frac{1 + \cos(2\beta)}{\sin(2\beta)} \xrightarrow{k = \frac{gS}{V_0^2}} k \sin(2\beta) = 1 + \cos(2\beta)$$

$$\Rightarrow 2k \sin \beta \cos \beta = 1 + 2 \cos^2 \beta - 1 \Rightarrow \cos^2 \beta - k \sin \beta \cos \beta = 0$$

$$\Rightarrow 2 \cos \beta = 0$$

$$\Rightarrow H = S \cdot \frac{V_0^2}{gS}$$

$$2) \cos \beta = k \sin \beta$$

$$\Rightarrow \tan \beta = \frac{1}{k} = \frac{V_0^2}{gS} \Rightarrow \frac{1 + \cos^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{V_0^4}{g^2 S^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \beta} - 1 = \frac{V_0^4}{g^2 S^2}$$

$$\Rightarrow \cos^2 \beta = \frac{1}{1 + \frac{V_0^4}{g^2 S^2}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



$$\cos^2 \beta = \frac{1}{1 + \frac{V_0^2}{g^2 S^2}} = \frac{g^2 S^2}{g^2 S^2 + V_0^2}$$

$$\Rightarrow H = S \cdot \frac{V_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cdot \frac{g^2 S^2}{g^2 S^2 + V_0^2}} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2 (g^2 S^2 + V_0^2)}{2 V_0^2 \cdot g^2 S^2}$$

$$= \frac{V_0^2}{g} - \frac{g^2 S^2 + V_0^2}{2 V_0^2 g} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{\frac{g^2 S^2}{V_0^2} + \frac{V_0^2}{g}}{2}$$

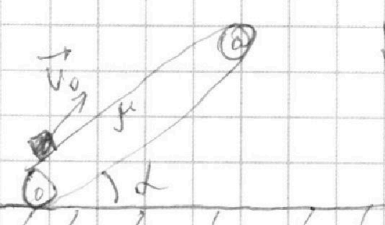
$$\Rightarrow 2H - 2 \frac{V_0^2}{g} = -\frac{g S^2}{V_0^2} + \frac{V_0^2}{g}$$

$$\frac{V_0^2}{g} \Rightarrow H = 2H - \frac{2V_0^2}{g} + \frac{V_0^2}{g} = -\frac{g S^2}{V_0^2} \Rightarrow 2H - \frac{V_0^2}{g} = -\frac{g S^2}{V_0^2}$$

$$\Rightarrow S^2 = \frac{V_0^2}{g^2} - \frac{2H V_0^2}{g} \Rightarrow S = \sqrt{\frac{V_0^4}{g^2} - \frac{2H V_0^2}{g}} = \mu + \mu = \frac{1}{\mu} \cdot \mu^2$$

$$= V_0 \sqrt{\frac{V_0^2 - 2gH}{g^2}} = \frac{V_0}{g} \sqrt{V_0^2 - 2gH}$$

$$= \frac{20\sqrt{2}}{10} \sqrt{100 \cdot 2 - 2 \cdot 10 \cdot 3,6} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot 64} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ (m)}$$



$$S = x = V_0 t - g t \sin \alpha$$

переменные будем решать нулем

$$\Rightarrow x = V_0 t - \frac{g^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

$$= 6 \cdot 7 - 5 \cdot 1^2 \cdot 0,6 = 3 \text{ (m)}$$

$$x(T) = V_0 T - \frac{g T^2}{2} \sin^2 \alpha =$$

2)  $m \ddot{x} = -mg \sin \alpha - mg \cos \alpha \mu \Rightarrow \ddot{x} = -g \sin \alpha - g \mu \cos \alpha = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

$$\Rightarrow \dot{x} = V_0 - g t (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = U$$

$$\text{т.к. } \dot{x}(T_1) = U = V_0 - g T_1 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \Rightarrow T_1 = \frac{V_0 - U}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$= \frac{5}{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8)} = \frac{1}{2 \cdot 1} = 0,5 \text{ (с)}$$

3) Говорили значение максимальной скорости первая точка и составляющей скорости там же, направление вправо вдоль траектории.