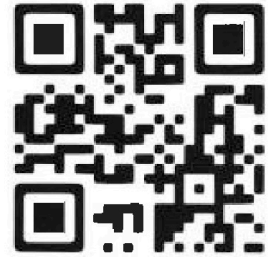




Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

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.

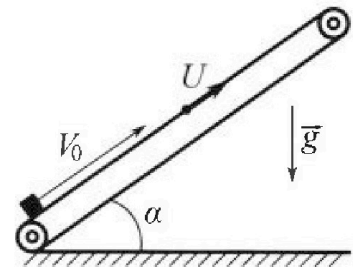
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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.).

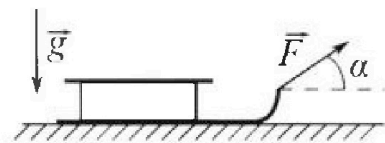
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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.



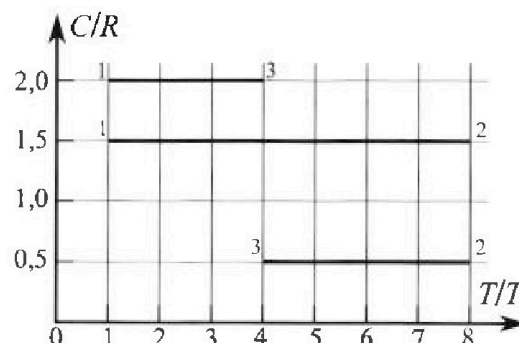
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

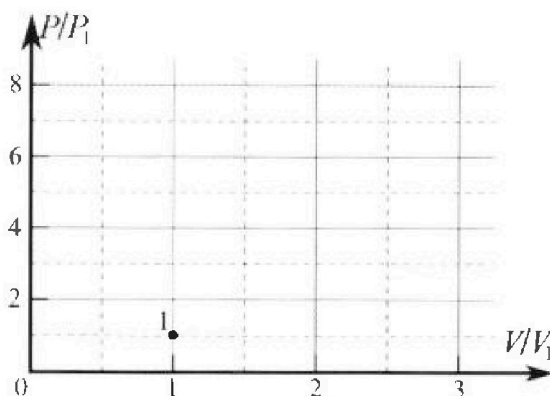


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

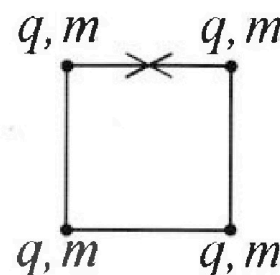


- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 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:

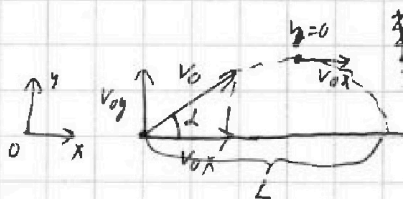
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



№1 **Дано:**  
 $\alpha = 45^\circ$   
 $L = 200 \text{ м}$   
 $H = 7,6 \text{ м}$   
 1)  $v_0 = ?$   
 2)  $t = ?$



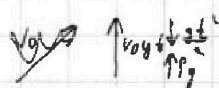
1)  $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ ,  $L = v_{0x} \cdot T$

$v_{0y} - gT = 0$ , где  $T = \frac{L}{v_{0x}}$  — время полета

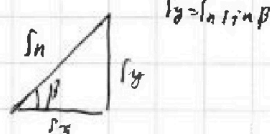
$v_{0y} = gT$ ,  $T = \frac{v_{0y}}{g}$ ,  $T = \frac{2v_{0y}}{g}$

$L = v_{0x} \cdot \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0 \cos \alpha \cdot v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 200}{\sin 90}} = \sqrt{2000} = 10\sqrt{20} \approx 19,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



$H = 0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$   
 $s = v_{0x} \cdot t$



Ответ: 1)  $19,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

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!



N<sup>2</sup> Data:

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

$$V_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$M = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

$$U = 1 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1)  $S = ?$

2)  $T_1 = ?$

3)  $L = ?$



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

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

1) 23 Н на ось:  $-F_{fx} - mg \sin \alpha = -ma_y$

$$ma_{0y}: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{fx} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a_1 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = \text{const}$$

$$S = V_0 \cdot T - \frac{a_1 T^2}{2} = V_0 T - \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) T^2}{2}$$

$$= 6 \cdot 1 - \frac{10 \left( \frac{3}{5} - \frac{1}{5} \cdot \frac{4}{5} \right) \cdot 1^2}{2} = 1 \text{ (м)}$$

2)



В ЛСО "лентка" движется относительно плоскости

$$a_1 = a_{0x} + a_{0y} = 7 a_1 = a_{0x} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) =$$

$$= 10 \left( \frac{3}{5} - \frac{1}{5} \cdot \frac{4}{5} \right) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$V_0 = V_{0x} + U$$

$$V_{0x} = V_0 - U = 6 - 1 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

При расчете скорости U бруска остановился ось-то лента.

$$V_{0x} = 0 = V_{0x} - a T_1$$

$$V_{0x} = a T_1 \rightarrow T_1 = \frac{V_{0x}}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ (с)}$$

3)  $S_1$  - расстояние, пройденное бруском до остановки ось-то лента.

$$S_1 = \frac{V_0^2 - U^2}{2a_1}$$

В ЛСО лента движется относительно плоскости бруска, пока его скорость

В ЛСО бруска равна 0 при  $V_{0x} = U$ .

$S_2$  - это расстояние бруска в ЛСО от  $U = 0$  до 0.

$$S_2 = S_{a_2} + S_{a_1}$$

$$S_{a_2} = \frac{U^2 - 0}{2a_2}, \quad S_{a_1} = U \cdot t, \quad U = a_2 \cdot t \Rightarrow$$

$$S_{a_1} = \frac{U^2}{a_2}$$

$$S_2 = -\frac{U^2}{2a_2} + \frac{U^2}{a_2} = \frac{U^2}{2a_2}$$

23 Н:  $mg = mg \sin \alpha - F_{f2}$

$$F_{f2} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

$$L = S_1 + S_2 = \frac{V_0^2 - U^2}{2a_1} + \frac{U^2}{2a_2} = \frac{6^2 - 1^2}{2 \cdot 10} + \frac{1^2}{2 \cdot \left( 10 \cdot \frac{3}{5} - \frac{1}{5} \cdot 10 \cdot \frac{4}{5} \right)} = \frac{35}{20} + \frac{1}{2 \cdot (6 - 4)} = \frac{35}{20} + \frac{1}{4} =$$

$$= \frac{40}{20} = 2 \text{ (м)}$$

Ответ; 1) 1 м; 2) 0,5 с; 3) 2 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!

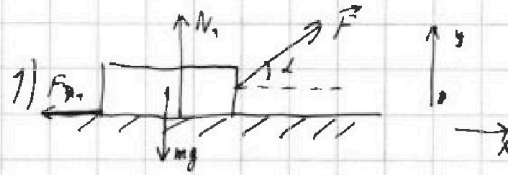
№3 Дано:

$L$   
 $k$   
 $m$

1)  $M^{-1}$

2)  $\beta^{-1}$

$L$  - длина  
пружины

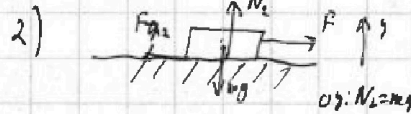


1)  $Ox: N_1 = mg - F \sin \alpha$

$Oy: F_{sp} = m N_1 = m(mg - F \sin \alpha)$  *скалей*

Задача с пружиной учитывать кон. эластичности пружины

$k \cdot 0 = A_x + A_y = F \cdot L \cdot \cos \alpha + (-F_{sp} \cdot L) = FL \cos \alpha - m(mg - F \sin \alpha) L$



$Oy: N_2 = mg$

$F_{sp} = m N_2$

*скалей*

Задача с пружиной учитывать кон. эластичности пружины

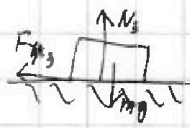
$k \cdot 0 = A_x + A_y = F \cdot L - m m g L$

Приведем пружины:  $PL - m m g L = FL \cos \alpha - mL(mg - F \sin \alpha)$

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

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

3) *Торжественно:*



$F_{sp} = m N_3 = m m g$

$F_{sp} = m a = m m g$  - главное равнодействующее  $\rightarrow a = m g$

$\int = \frac{a - v^2}{-2a} = \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2m g} = \frac{2k}{2m g} = \frac{k \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) m g}$

Ответ: 1)  $\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ ; 2)  $\frac{k \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) m g}$ .

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!



$N^{\circ} 4$  Дано:  
 $T_1 = 200 \text{ K}$   
 $R = 1,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$   
 $V = 1 \text{ моль}$   
 $i = 3$   
 1)  $A_{31}$ ?  
 2)  $\eta$ ?

1) Из графика видно, что  $A_{31} = V \cdot \theta T_1$   $T_1 = 200 \text{ K}$ ,  $\theta$  конст;  $4T_1$ ;

$\theta$  конст  $2,8T_1$ ,  $\frac{C}{R}$   $\theta$  конст  $1-3' = 2$ ;  $2-2' = \frac{1}{2}$ ;  $1-1' = \frac{1}{3}$

$$Q_{31} = \sqrt{\frac{C_1 \cdot R \cdot \Delta T_{31}}{2}} = \sqrt{2R(T_1 - 4T_1)} = -6\sqrt{RT_1}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \sqrt{2R(T_1 - 4T_1)} = -\frac{3}{2} \sqrt{2RT_1}$$

$$A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} \rightarrow A_{31} = -4,5\sqrt{2RT_1} + 6\sqrt{2RT_1} = \frac{3}{2} \sqrt{2RT_1}$$

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

2)  $\eta = 1 - \frac{Q_{12}}{A_{12}}$   $A_{12} = \sqrt{\frac{C_{12} \cdot (PT_1 - T_1)}{2}} \cdot R = \frac{3}{2} \cdot R \cdot 2T_1 = \frac{3RT_1}{2}$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{2R(PT_1 - T_1)}$$

$$Q_{23} = \sqrt{\frac{C_{23}}{R}} (4T_1 - 8T_1) R = -2\sqrt{2RT_1}$$

$$A_{12} = -6\sqrt{2RT_1}$$

$$A_{12} = A_{21}$$

$$A_{12} = -(A_{23} + Q_{31}) \rightarrow \eta = 1 - \frac{A_{12}}{A_{21}} =$$

$$= 1 - \frac{2\sqrt{2RT_1} + 6\sqrt{2RT_1}}{2(2\sqrt{2RT_1} + 6\sqrt{2RT_1})} = 1 - \frac{A_{23} + Q_{31}}{A_{12}} = 1 - \frac{2\sqrt{2RT_1} + 6\sqrt{2RT_1}}{2\sqrt{2RT_1} + 6\sqrt{2RT_1}}$$

$$= 1 - \frac{16\sqrt{2RT_1}}{2\sqrt{2RT_1}} = 1 - \frac{16}{2} = \frac{5}{21}$$

3)  $A_{12} = A_{21} + \Delta U_{12}$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{2R(PT_1 - T_1)} = \frac{3}{2} \sqrt{2RT_1} \rightarrow A_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{2RT_1} - \frac{3}{2} \sqrt{2RT_1} = 0 \Rightarrow \text{процесс } 1-2 \text{ изохорный.}$$

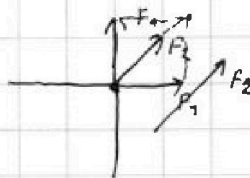
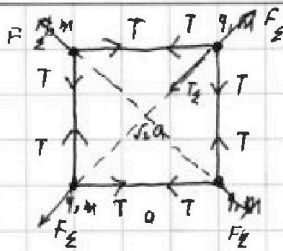
Ответ: 1) 2493 Дж; 2)  $\frac{5}{21}$ .

- 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!



№5 Дано:  
a  
T  
1) |q1|?  
4) Ek?  
3) d?



к-постоянная Кулона

1)  $F_z = F_1 \cdot \sqrt{2} + F_2$

$$F_1 = \frac{kq^2}{a^2} \quad F_2 = \frac{k(q/2)^2}{(\sqrt{2} \cdot a)^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

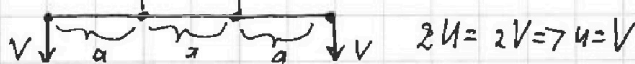
$$F_z = \frac{\sqrt{2} \cdot kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} = \frac{2\sqrt{2}kq^2 + kq^2}{2a^2}$$

$F_z = T_z = T\sqrt{2}$

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

$$kq^2 = \frac{2\sqrt{2}T \cdot a^2}{2\sqrt{2}+1} \rightarrow q = a \sqrt{\frac{2\sqrt{2}T}{2\sqrt{2}+1}}$$

2) При перемещении линии  $\sqrt{3}$  см, действующей на систему из 4 шаров и линии, не появляется  $\Rightarrow$  верен 3-й вариант (всему равно скорости потоков равно)



Второй закон системы также выполняется:  $W_{pot} = W_k + 4E_k \quad E_k = \frac{kq\sqrt{2}T}{4(2\sqrt{2}+1)}(\sqrt{2}+1)$

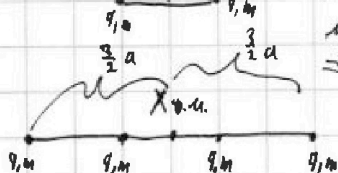
$$W_{pot} = \frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a}; \quad W_k = 3\frac{kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{1a}$$

$$4E_k = \frac{kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a} - \frac{3kq^2}{a} - \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{1a} = \frac{kq^2}{a}(\sqrt{2} + \frac{1}{3}) \rightarrow E_k = \frac{kq^2}{4a}(\sqrt{2} + \frac{1}{3})$$

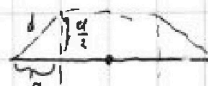
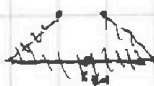
3)



Т.к. линии потенциалов равны, а линии равны, то  $x$  и  $y$  будут равноудалены в центр квадрата, на расстоянии  $\frac{a}{2}$  от каждой стороны. На линию не действуют внешние силы  $\Rightarrow \Pi \cdot \vec{q}_1 = \vec{0} \Rightarrow$  центр масс либо потенциал либо функция равноудалены, но в начале отклонения  $\Rightarrow x_{cm} = \cos 45^\circ$   $x$  и  $y$  отстоит от центра квадрата на  $\frac{a}{2}$ .



Вторые функции  $x$  и  $y$  будут равноудалены равно от стороны, так



$$d^2 = a^2 + (\frac{a}{2})^2 = a^2 + \frac{a^2}{4} = \frac{5a^2}{4}$$

$$d = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$

Ответ: 1)  $a \sqrt{\frac{2\sqrt{2}T}{2\sqrt{2}+1}}$ ; 2)  $\frac{kq\sqrt{2}T}{2\sqrt{2}+1}(\sqrt{2} + \frac{1}{3})$ ; 3)  $\frac{a\sqrt{5}}{2}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

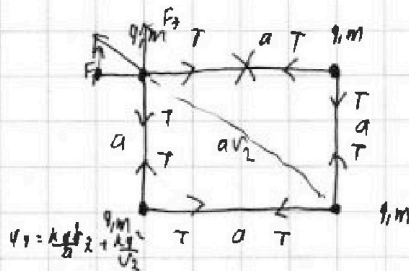
МФТИ

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



Т  
а  
ε

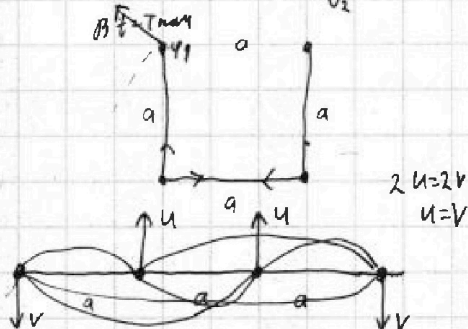
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$



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

$$F_1 = \frac{kq^2}{(a\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

2)



Для скорости  $\vec{v}$  по направлению, но так выбран  $\vec{u}$

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

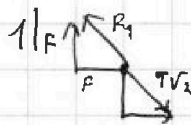
$$W_{kin} = \frac{3kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{3kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} = \frac{kq^2}{a}(4 + \frac{1}{2})$$

$$\frac{kq^2}{a}(4 + \sqrt{2}) - \frac{kq^2}{a}(4 + \frac{1}{2}) = \frac{4mk^2}{2}$$

$$\frac{kq^2}{a}(4\sqrt{2} - 4 - \frac{1}{2}) = \frac{2mk^2}{2}$$

$$\frac{kq^2}{4a}(4\sqrt{2} - 4 - \frac{1}{2}) = \frac{mk^2}{2} = k$$

$$R_{kin} = \frac{k a T \sqrt{2}}{4m(1 + \sqrt{2})} (4\sqrt{2} - 4 - \frac{1}{2}) =$$



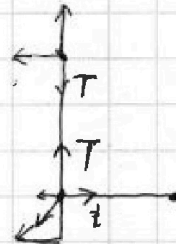
$$F_1 + F_2 = TV_2$$

$$\frac{kq^2}{2a^2} + \frac{kq^2\sqrt{2}}{a^2} = TV_2$$

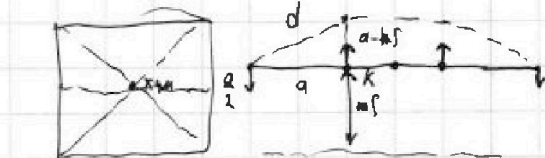
$$q^2 \frac{k(1 + 2\sqrt{2})}{2a^2} = TV_2$$

$$q = \sqrt{\frac{TV_2 2a^2}{k(1 + 2\sqrt{2})}} = a \sqrt{\frac{T \sqrt{2}}{k(1 + \sqrt{2})}} =$$

$$= \frac{a}{\sqrt{1 + \sqrt{2}}}$$



3)



$E_k$

$$A_{ch} = qEK$$

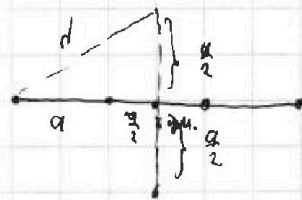
$$A_{ch} = \int F \cdot ds \cos \alpha$$

$x, y, z$

$\vec{A}_{ch} = 0 \Rightarrow M_{ch} = F_{ch} = 0 \Rightarrow \gamma \cdot a \cdot z = 0 \Rightarrow \gamma \cdot a \cdot \sin \theta = 0 \Rightarrow \theta = 0$   
 угол  $\theta$  постоянен  $v = \text{const}$ ,  $\theta = \text{const}$

$$d^2 = \left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{3a}{2}\right)^2 = \frac{a^2}{4} + \frac{9a^2}{4} = \frac{10a^2}{4}$$

$$d = \frac{a}{2} \sqrt{10} = \frac{\sqrt{10} \cdot a}{2}$$





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!



4.  
1.  
 $\alpha = 45^\circ$   
 $L = 20 \text{ м}$   
 $v_0 = ?$



1)  $v_x = v_0 \cos \alpha$   
 $L = v_0 \cos \alpha \cdot t = v_x t$

$\dot{y} = v_y - g t$   
 $v_y = v_0 \sin \alpha$  - скорость вертикального движения  
 $t_1 = \frac{L}{v_x}$   
 $t = \frac{2v_y}{g} = \frac{2 \cdot v_0 \sin \alpha}{g}$



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

$\sqrt{\frac{gL}{2 \cos \alpha \sin \alpha}} = v_0$

$v_0 = \sqrt{\frac{g \cdot 20}{2 \sin 90}} = \sqrt{\frac{g \cdot 20}{2}} = 10\sqrt{2} = 10 \cdot 1.41 = 14.1 \text{ м/с}$

2/  
 $H = 3.64 \text{ м}$   
 $\beta = ?$



$v_{0x} = v_0 \cos \beta$   
 $S = v_{0x} \cdot t$

$v_{0y} = v_0 \sin \beta$   
 $S = v_0 \cos \beta \cdot t$

$y = 0 = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2} = H$

$H = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2}$

$H = v_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{v_0 \cos \beta} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = \frac{S \sin \beta}{\cos \beta} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$

$H = \tan \beta \cdot S - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$

$\frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} S^2 - \tan \beta \cdot S + H = 0$

$D = \tan^2 \beta - 4 \cdot H \cdot \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$       $\sqrt{D} = \sqrt{\frac{2 v_0^2 \sin^2 \beta \cdot 4 H - 4 H g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}}$

$\beta = \arctan \left( \tan \beta + \frac{\sqrt{2 v_0^2 \sin^2 \beta \cdot 4 H - 4 H g}}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \right)$

$\beta = \arctan \left( \tan \beta + \sqrt{\frac{2 v_0^2 \sin^2 \beta \cdot 4 H - 4 H g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}} \right)$

$S = \frac{v_0 \cos \beta}{g} \left( \tan \beta + \sqrt{\frac{2 v_0^2 \sin^2 \beta \cdot 4 H - 4 H g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}} \right)$

$\beta = \arctan \left( \tan \beta + \sqrt{\frac{2 v_0^2 \sin^2 \beta \cdot 4 H - 4 H g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}} \right)$

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!



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

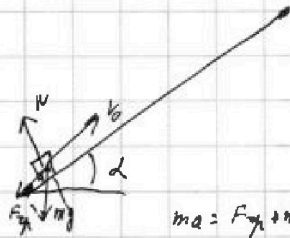
$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

1)



$$m a = F_f + m g \sin \alpha$$

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

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

$$a_1 = g \sin \alpha + m g \cos \alpha = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$= 0,1 \left( \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \cdot 0,5 \right) = 1,01 \text{ м/с}^2$$

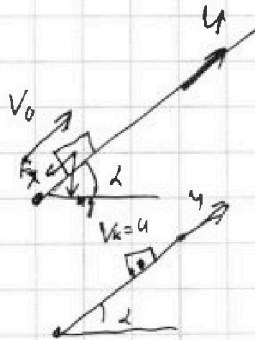
$$s = v_0 \cdot T + \frac{a T^2}{2} = 6 \cdot 1 + \frac{1,01 \cdot 1^2}{2} = 6,505 \approx 2,5 \text{ (м)}$$

$$U = 14 \text{ м/с}$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$T_1$$

2)



ИМО закон (уменьш.)

$$v_0 = v_{\text{ср}} + U$$

$$v_{\text{ср}} = v_0 - U = 6 - 1 = 5 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$v_{\text{ср}} v_k = 0$$

$$a = a_{\text{ср}}$$

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

$$v_{\text{ср}} v_k = v_{\text{ср}} - a T_1$$

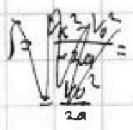
$$a T_1 = v_{\text{ср}}$$

$$T_1 = \frac{v_{\text{ср}}}{a} = \frac{5}{\mu g (\cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$= \frac{5}{0,5 \cdot 10 \left( \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right)} = \frac{5}{5 \cdot 1,4} = \frac{1}{1,4} \approx 0,71 \text{ (с)}$$

3)  $L = 1$

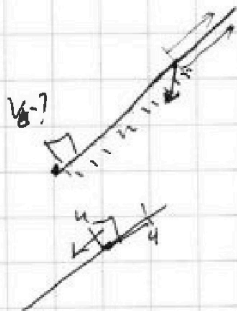
$$v_k = 0$$



$$v_k = v_{\text{ср}} + U = 0$$

$$U = -v_{\text{ср}2}$$

$$s = \frac{v_{\text{ср}}^2}{2 a_2}$$



$$m a_2 = m g \sin \alpha - F_f - m g \cos \alpha$$

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

$$L_1 = \frac{v_0^2 - U^2}{2 a_1}$$

$$L_2 = \frac{U^2 - v_k^2}{2 a_2}$$

$$U = 0 + a_2 t$$

$$s_{\text{ср}2} = \frac{U^2 - 0^2}{2 a_2}$$

$$s_{\text{ср}2} = U \cdot t = \frac{U^2}{a_2}$$

$$s = \frac{U^2}{2 a_2} - \frac{U^2}{a_2} = -\frac{U^2}{2 a_2}$$

$$s_{\text{ср}} L = L_1 - s = \frac{v_0^2 - U^2}{2 a_1} - \left( -\frac{U^2}{2 a_2} \right) = \frac{v_0^2 - U^2}{2 a_1} + \frac{U^2}{2 a_2}$$

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!



$$2) \eta = \frac{A_1'}{Q_{12}} = \frac{a_{12} - a_{21}}{a_{11}} = 1 - \frac{a_{21}}{a_{11}}$$

1-2                      2-3                      3-1

$$Q_{12} = \sqrt{2} R \cdot \Delta T_2 = \frac{1}{2} \sqrt{2} R \cdot 7 T_1 = \frac{1}{2} \sqrt{2} R T_1$$

$$\frac{1}{R} = 1,13$$

$$c = 1,15 R$$

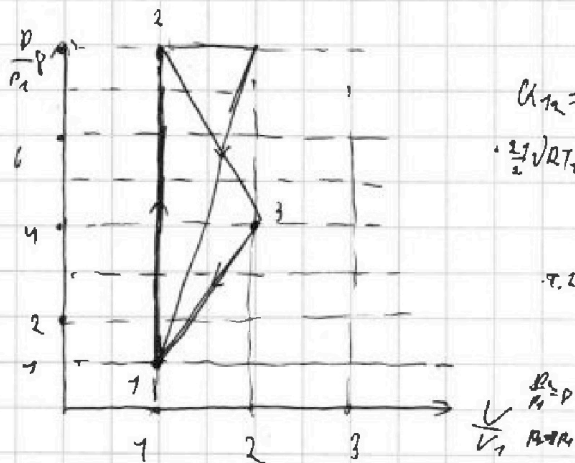
$$a_{23} = \sqrt{\frac{1}{2}} R \cdot (4 T_1 + T_1) = -\sqrt{\frac{1}{2}} R \cdot 4 T_1 = -2 \sqrt{2} R T_1$$

$$a_{33} = \sqrt{2} R (T_1 + 4 T_1) = -6 \sqrt{2} R T_1$$

$$a_{32} = -(-2 \sqrt{2} R T_1 - 6 \sqrt{2} R T_1) = 8 \sqrt{2} R T_1$$

$$\eta = 1 - \frac{8 \sqrt{2} R T_1}{\frac{1}{2} \sqrt{2} R T_1} = 1 - \frac{8 \cdot 2}{2 \cdot 1} = 1 - \frac{16}{2} = \frac{5}{2}$$

3)



$$Q_{12} = A_{12}' \cdot \Delta T_2$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{2} R T_2 = A_{12}' + \frac{1}{2} \sqrt{2} R (T_2 - 2)$$

$A_{12}' = 0 \Rightarrow$  площадь поверхности

$$T_2 \rightarrow \frac{1}{2} \sqrt{2} R T_2 = p_1 V_2$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{2} R \cdot 2 T_1 = p_2 V_2$$

$$R_2 = 2 R_1$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{2} R \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2} R$$

$$\sqrt{2} R 4 T_1 = p_1 V_3$$

$$\sqrt{2} R T_1 = p_2 V_3$$

$$Q_{23} = -\frac{1}{2} \sqrt{2} R 4 T_1 = -2 \sqrt{2} R T_1$$

$$a_{23} = A_{23}' + a_{23} \quad \Delta U_{23} = -\frac{1}{2} \sqrt{2} R 4 T_1 = -6 \sqrt{2} R T_1$$

$$A_{23}' = \sqrt{2} R T_1 = 2$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{2} R T_1$$

в центре:  $\sqrt{2} R T_2 = p_0 V_3$

$$\sqrt{2} R T_1 = p_0 V_1$$

$$R V_1 = 4 p_0 V_1$$

$$Q_{33} = -\sqrt{2} R \cdot 3 T_1 = -6 \sqrt{2} R T_1$$

$$\Delta U_1 = -\frac{3}{2} \sqrt{2} R (4 T_1 - T_1) =$$

$$= -\frac{9}{2} \sqrt{2} R T_1$$

$$A_{33}' = -\frac{3}{2} \sqrt{2} R T_1$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \sqrt{2} R 8 T_1 = 4 \sqrt{2} R T_1$$

$$U_3 = \frac{1}{2} \sqrt{2} R \cdot 4 T_1 = 6 \sqrt{2} R T_1$$

$$\Delta U_{23} = \sqrt{2} R T_1$$

$$Q_{232} = -2 \sqrt{2} R T_1$$

$$A_{23}' = 4 \sqrt{2} R T_1$$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{p_2}{p_1} + \frac{V_2}{V_1} \right) \left( \frac{V_2}{V_1} - \frac{p_2}{p_1} \right)$$

$$p_1 V_1 \left( \frac{1/2 + 4/1}{1/1 + 1/1} \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{1/2 - 1/1}{1/1 - 1/1} \right) = p_1 V_1 \left( \frac{1/2 - 1/1}{1/1 - 1/1} \right) \cdot \frac{1}{2} = \dots$$

$$a_{23} = -\sqrt{\frac{1}{2}} R \cdot 4 T_1 = -2 \sqrt{2} R T_1$$

$$\Delta U_{23} = -\frac{1}{2} \sqrt{2} R (4 T_1) = -6 \sqrt{2} R T_1$$

$$p(V) =$$

$$A_{23}' = 4 \sqrt{2} R T_1 = 4 p_1 V_1$$

$$A_{23} = 4 p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \left( \frac{5}{2} p_1 V_1 \right)$$

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!

(K)  $\frac{mV^2}{2}$

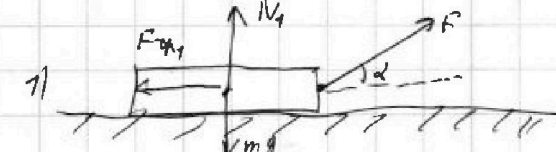
(L)

(P)  $(F \cdot s)!$

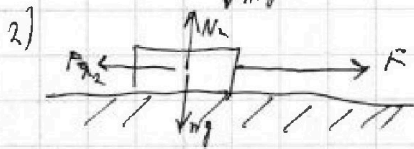
$m \cdot s$

$s \cdot s$

(M)



$N_1 = mg - F \sin \alpha$   
 $F_{fr1} = \mu(mg - F \sin \alpha)$



$N_2 = mg$   
 $F_{fr2} = \mu mg$

$K = A_{fr1} = F \cdot s \cdot \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) \cdot s$

$A_K = A_{fr1} = Fs - \mu mgs$

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

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

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

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

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

$a = F - \mu mg$

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

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

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

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

$s = \frac{V^2 - 0}{2a}$

2)  $F_{fr} = ma = \mu mg = ma = \mu g = a$

$2k = mV^2$

$V = \sqrt{\frac{2k}{m}}$

$K = 0 = A_{fr} \cdot s$

$s = v \cdot t = \frac{at^2}{2}$

$F_{fr0} = \mu mg_0$   
 $N_0 = mg_0$

$\frac{mV^2}{2} = F_{fr0} \cdot s_1$

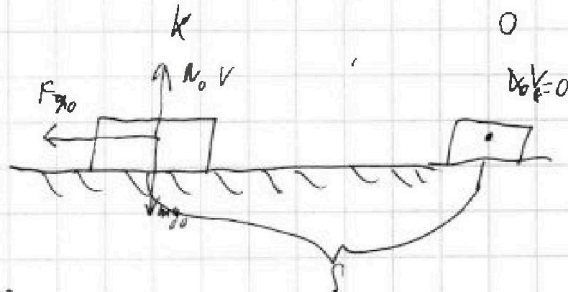
$\frac{mV^2}{2} = \mu mg_0 \cdot s_1$

$s = \frac{V^2}{2\mu g}$

$k = F_{fr} \cdot s_1$

$s_1 = \frac{k}{F_{fr}} = \frac{k}{\mu mg}$

$s_1 = \frac{V^2 - 0}{2 \cdot \mu g} = \frac{2k}{2\mu mg} \cdot V$



4)  $T_1 = 200k$

$R = 1,5M \quad \nu = 1$

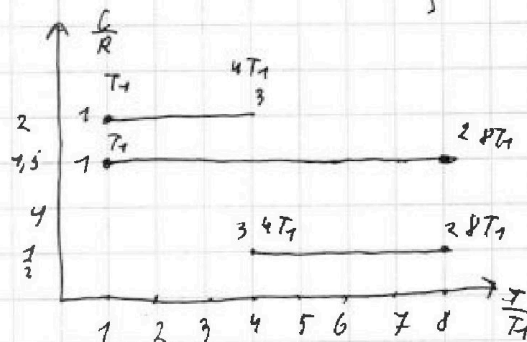
$\alpha = \nu \omega R = \nu \frac{1}{2} \omega R$

$\cos \alpha = 1 + \frac{1}{2} R$

$\cos \alpha = \frac{1}{2} R$

$\frac{c}{R} = 2 \Rightarrow c = 2R$

1-2-3-1



1)  $A_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}' = \Delta U_{31} + A_{31}''$

$\frac{1,5 \cdot 37}{24,93}$

$A_{31} = \Delta U_{31} + Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - 4T_1) + (\nu \frac{1}{2} R 8T_1) = -\frac{9}{2} \nu R T_1 + 6 \nu R T_1$

$= \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1,5 \cdot 37 + 200 =$

$= 3 \cdot 1,5 \cdot 100 = 2490 \text{ (J)}$