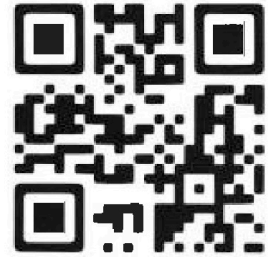




Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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.

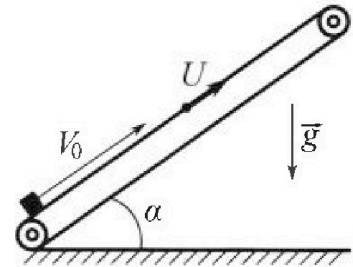
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

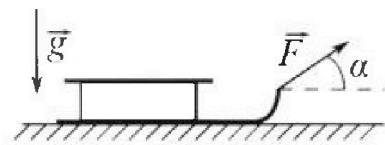
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.



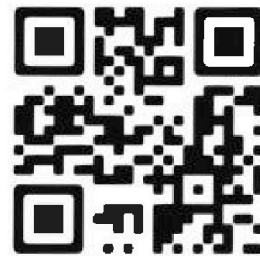
1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

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



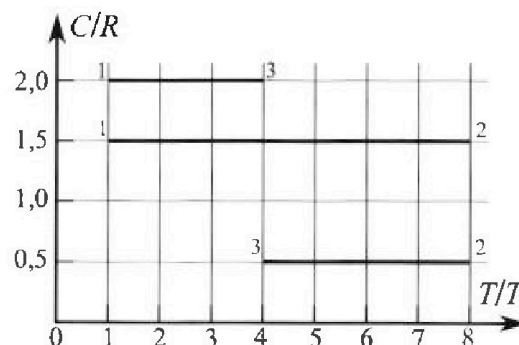
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

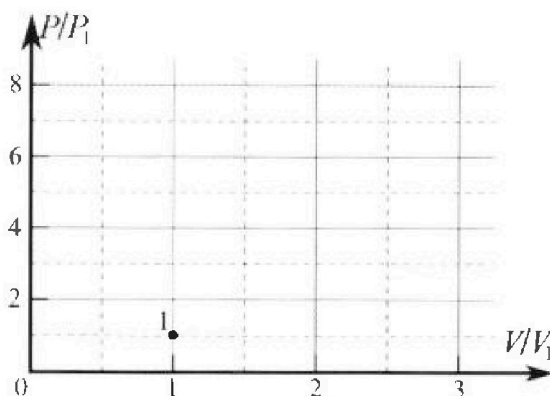


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

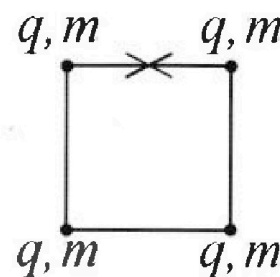


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

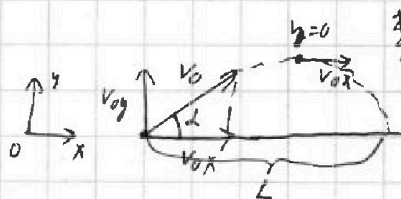
1 2 3 4 5 6 7

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) $t = ?$



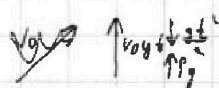
1) $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$, $L = v_{0x} \cdot T$

$v_{0y} - gt = 0$, где $t = \frac{T}{2}$ - половина времени полета

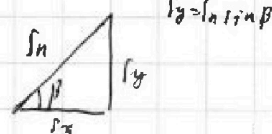
$v_{0y} = gt$, $t = \frac{v_{0y}}{g}$, $T = \frac{2v_{0y}}{g}$

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

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



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



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!



N² 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: $-F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = -ma_1$

$$ma_1: N = mg \cos \alpha$$

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

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

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

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

2)



В ЛСО "лента" радиусом R движется с постоянной скоростью

$$a_1 = a_{\text{осн}} + a_{\text{нп}} = 7 a_1 = a_{\text{осн}} = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) =$$

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

$$V_0 = V_{\text{осн}} + U$$

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

При расчете скорости U блок останавливается осн-но ленте.

$$V_{\text{осн}} = 0 = V_{\text{осн}} - a T_1$$

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

3) S_1 - расстояние, пройденное блоком до остановки осн-но ленте.

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

В ЛСО лента движется радиусом R с постоянной скоростью U , сама его скорость

В ЛСО блок падает 0 при $V_{\text{осн}} = U$.

S_2 - это расстояние, пройденное блоком в ЛСО от U 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: $mg = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}2}$

$$F_{\text{тр}2} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

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

$$= \frac{40}{20} = 2 \text{ (м)}$$

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!

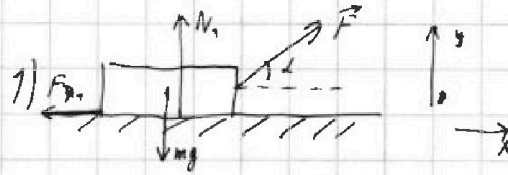
№3 Дано:

L
 k
 m

1) M^{-1}

2) β^{-1}

L - длина
пружины

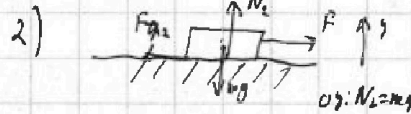


1) $\Sigma F_y: N_1 = mg - F \sin \alpha$

составляющая $F_{sp} = mN_1 = m(mg - F \sin \alpha)$ *составляющая*

задача с учетом угла наклона и угла трения

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



$\Sigma F_y: N_2 = mg$

$F_{sp} = mN_2$

составляющая

задача с учетом угла наклона и угла трения

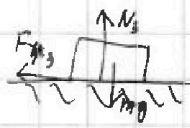
$k \cdot 0 = A_x + A_y = F \cdot L - mN_2$

Применяем равенства: $FL - mN_2 = FL \cos \alpha - mL(mg - F \sin \alpha)$

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

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

3) *Торжественно:*



$F_{sp} = mN_3 = mN_2$

$F_{sp} = ma = mN_2 - mN_3 = 0 \rightarrow a = 0$

Для $k = \frac{mV^2}{2} \rightarrow$

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

$\int = \frac{a - V^2}{-2a} = \frac{V^2}{2a} = \frac{V^2}{2mg} = \frac{2k}{2mg} = \frac{k \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha)mg}$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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 $A_{31} = V \cdot \theta T_1$ $T_1 = 200 \text{ K}$, θ — площадь $4T_1$;

θ — площадь $2 \cdot 8T_1$, $\frac{6}{R}$ — площадь $1-3' = 2$; $1-2' = \frac{1}{2}$; $1-1' = \frac{1}{2}$

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

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

$$A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} \rightarrow A_{31} = -\frac{3}{2} \sqrt{2} R T_1 + 6\sqrt{2} R T_1 = \frac{9}{2} \sqrt{2} R T_1 =$$

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

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

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{2} R (4T_1 - T_1) =$$

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

$$A_{12} = -6\sqrt{2} R T_1$$

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

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

$$= 1 - \frac{2\sqrt{2} R T_1}{2(2\sqrt{2} R T_1 + 6\sqrt{2} R T_1)} = 1 - \frac{A_{23} - A_{31}}{A_{23}} = 1 - \frac{2(2\sqrt{2} R T_1 + 6\sqrt{2} R T_1)}{2\sqrt{2} R T_1} =$$

$$= 1 - \frac{16\sqrt{2} R T_1}{2\sqrt{2} R T_1} = 1 - \frac{16}{2} = \frac{5}{21}$$

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

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{2} R (4T_1 - T_1) = \frac{3\sqrt{2}}{2} \sqrt{2} R T_1 \rightarrow A_{12} = \frac{2\sqrt{2}}{2} \sqrt{2} R T_1 - \frac{3\sqrt{2}}{2} \sqrt{2} R T_1 = 0 \Rightarrow \text{процесс } 1-2 \text{ изохорный.}$$

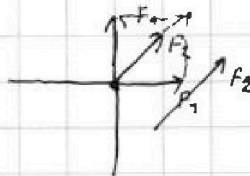
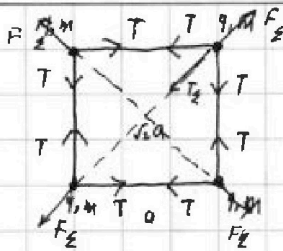
Ответ: 1) 2493 Дж; 2) $\frac{5}{21}$.

- 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 3C симметрия (всему симметрия скорости потоков равно)



Вот энергия системы также сохраняется: $W_{pot} = W_k + 4E_k \quad E_k = \frac{kq\sqrt{2}T}{4(2\sqrt{2}+1)}(\sqrt{2}+1)$

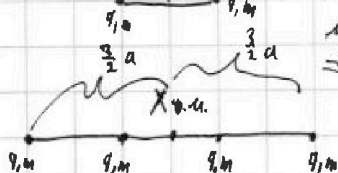
$$W_{pot} = \frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a}; \quad W_k = 3\frac{kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{1a}$$

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

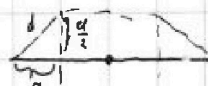
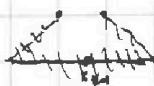
3)



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 $\Rightarrow x_{cm} = \cos \theta$ x и y сохранятся, если заряды сдвинуты на $\frac{a}{2}$.



Вторые функции x и y будут равноудалены равно по середине, 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

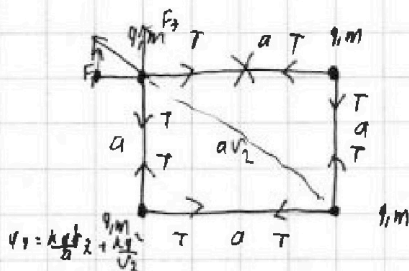
МФТИ

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



Т
а
ε

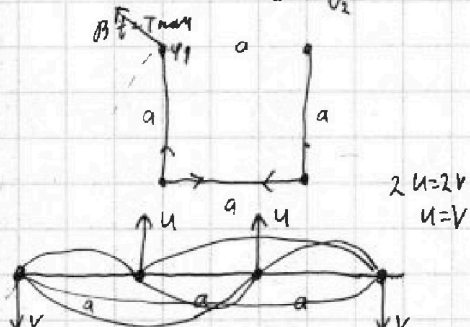
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$



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

$$F_1 = \frac{kq^2}{(av_2)^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

2)



Для скорости v в направлении, по которому выбран z (u)

$$W_{pot} = \frac{4kq^2}{a} + \frac{2kd^2}{a^2} = \frac{kq^2}{a}(4+v_2)$$

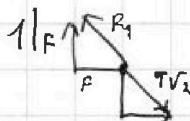
$$W_{kin} = \frac{3kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{3kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} = \frac{kq^2}{a}(4+\frac{1}{2})$$

$$\frac{kq^2}{a}(4+v_2) - \frac{kq^2}{a}(4+\frac{1}{2}) = \frac{4mv^2}{2}$$

$$\frac{kq^2}{a}(4v_2 - 4 - \frac{1}{2}) = \frac{4mv^2}{2}$$

$$\frac{kq^2}{4a}(v_2 - \frac{1}{2}) = \frac{mv^2}{2} = k$$

$$F_{kin} = \frac{k a T \sqrt{8}}{4\pi\epsilon_0 a^2} (v_2 - \frac{1}{2}) =$$



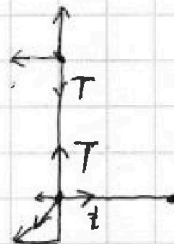
$$F_1 + F_2 = T\sqrt{2}$$

$$\frac{kq^2}{2a^2} + \frac{kq^2 v_2}{a^2} = T\sqrt{2}$$

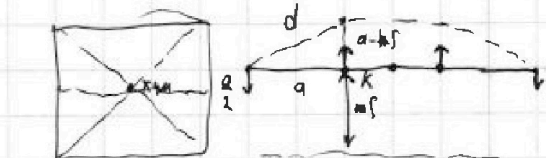
$$q^2 \frac{k(2+v_2)}{2a^2} = T\sqrt{2}$$

$$q = \sqrt{\frac{T\sqrt{2} 2a^2}{k(2+v_2)}} = a \sqrt{\frac{T\sqrt{8}}{k(2+v_2)}}$$

$$= \frac{1}{a} \sqrt{16k(2+v_2)}$$



3)



E_K

$$A_{ch} = qEK$$

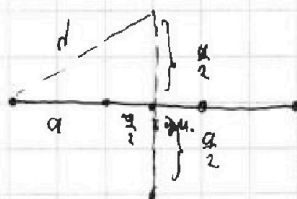
$$A_{ch} = \int F \cdot ds \cos \alpha$$

x y z

$F_{ch} = 0 \Rightarrow M_{ch} = F_{ch} = 0 \Rightarrow \tau_{ch} = 0 \Rightarrow$ ч.ч. тело поворачивается, и скорость вращения $\omega = \text{const}$, и радиус $r = \text{const}$

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

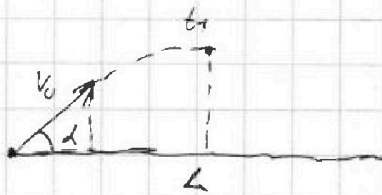
1 2 3 4 5 6 7



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
 $t_1 = \frac{L}{v_x}$
 $t = \frac{2v_y}{g} = \frac{2 \cdot v_0 \sin \alpha}{g}$



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

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

$v_0 = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 20}{2 \sin 90}} = \sqrt{\frac{196}{1}} = 10\sqrt{2} = 10 \cdot 1.41 = 14.1 \text{ м/с}$

2/
 $H = 3.64 \text{ м}$
 $\beta = ?$



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

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

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

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

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

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

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

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

$S = \frac{\tan \beta \pm \sqrt{D}}{\frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}}$

$S = \tan \beta \cdot \sqrt{D} \cdot \frac{2 v_0^2 \cos^2 \beta}{g}$

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

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

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

$S = \tan \beta + \frac{1}{v_0 \cos \beta} \sqrt{\frac{2 v_0^2 \sin^2 \beta - 4 H g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}}$

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!



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

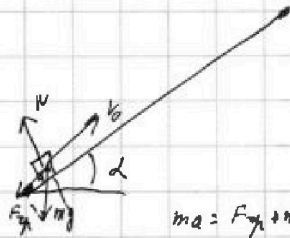
$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

1)



$F_{\text{тр}} = \mu N$

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

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

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

$$\rightarrow 0,5 \left(\frac{3}{5} + \frac{4}{5} \cdot 0,5 \right) = 1,01 \frac{g}{5}$$

$$a = mg(\cos \alpha + \sin \alpha)$$

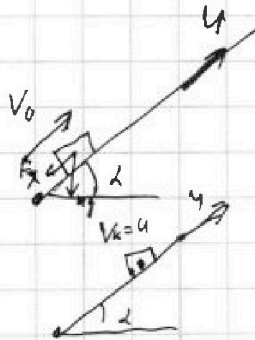
$$s = v_0 \cdot T + \frac{a T^2}{2} = 6 \cdot 1 + \frac{1,01 \cdot 9,8 \cdot 1}{2} = 6 + 4,95 = 10,95 \text{ м}$$

$$U = 14 \text{ м}$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$T_1$$

2)



ИМО движение (вверх)

$$v_0 = v_{\text{ср}} + U$$

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

$$v_{\text{ср}} v_k = 0$$

$$a = a_{\text{ср}}$$

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

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

$$a T_1 = v_{\text{ср}}$$

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

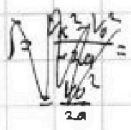
$$= \frac{5}{0,5 \cdot 9,8 \cdot \frac{4}{5} + 9,8 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{5}{4,9 + 5,88} = \frac{5}{10,78} = \frac{5}{10,78} \approx 0,46 \text{ с}$$

$$d = a_{\text{ср}} t^2$$

$$d = a_{\text{ср}} t^2$$

3) $L = 1$

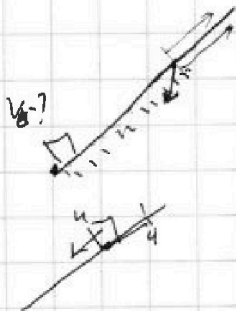
$$v_k = 0$$



$$v_k = v_{\text{ср}} + U = 0$$

$$U = -v_{\text{ср}}$$

$$s = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a}$$



$$ma_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

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

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

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

$$U = 0 + a_2 t$$

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

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

$$s = \frac{U^2}{2a_1} - \frac{U^2}{a_2} = -\frac{U^2}{2a_2}$$

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

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

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

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

$$c = 1,15 R$$

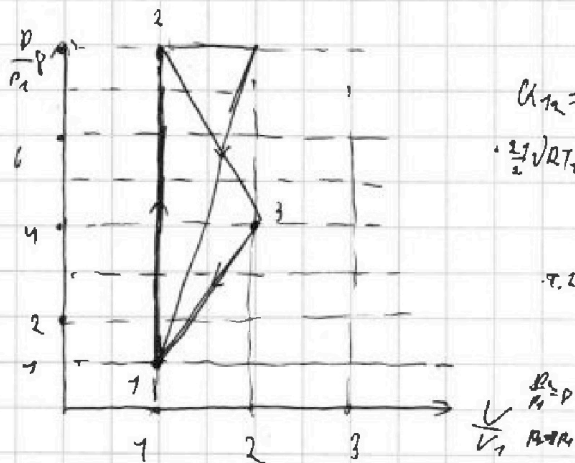
$$a_{23} = \sqrt{\frac{1}{2}} R \cdot (4 T_1 + T_1) = -\sqrt{\frac{1}{2}} R \cdot 4 T_1 = -2 \sqrt{2} R T_1$$

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

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

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

3)



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

$$\frac{1}{2} \sqrt{2} R T_1 = A_{12}' + \frac{1}{2} \sqrt{2} R (p_1 v_1 - 2)$$

$A_{12}' = 0 \Rightarrow$ процесс изохорный

$$p_1 v_1 \rightarrow \frac{1}{2} \sqrt{2} R T_1 = p_1 v_1$$

$$\sqrt{2} R \cdot 8 T_1 = p_1 v_1$$

$$p_1 v_1 = 8 \sqrt{2} R T_1$$

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

$$\sqrt{2} R 4 T_1 = p_1 v_1$$

$$\sqrt{2} R T_1 = p_1 v_1$$

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

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

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

$$p_1 v_1 = \sqrt{2} R T_1$$

в точке: $\sqrt{2} R 4 T_1 = p_1 v_1$

$$\sqrt{2} R T_1 = p_1 v_1$$

$$p_1 v_1 = 4 p_1 v_1$$

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

$$\Delta U_3 = -\frac{3}{2} \sqrt{2} R (4 T_1 - T_1) = -\frac{9}{2} \sqrt{2} R T_1$$

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

$$U_2 = \frac{3}{2} \sqrt{2} R 8 T_1 = 12 \sqrt{2} R T_1$$

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

$$\Delta U_{23} = 6 \sqrt{2} R T_1$$

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

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

$$\frac{1}{2} \left(\frac{p_2}{p_1} + \frac{v_2}{v_1} \right) \left(\frac{p_2}{p_1} - \frac{v_2}{v_1} \right)$$

$$p_1 v_1 \left(\frac{p_2}{p_1} + \frac{v_2}{v_1} \right) \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{p_2}{p_1} - \frac{v_2}{v_1} \right) = p_1 v_1 \left(\frac{p_2}{p_1} - \frac{v_2}{v_1} \right) \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{p_2}{p_1} + \frac{v_2}{v_1} \right)$$

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

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

$$p_1 v_1 =$$

$$A_{23}' = 4 \sqrt{2} R T_1 = 4 p_1 v_1$$

$$A_{23}' = 4 p_1 v_1 - \frac{3}{2} p_1 v_1 = \frac{5}{2} p_1 v_1$$

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. Порча QR-кода недопустима!

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

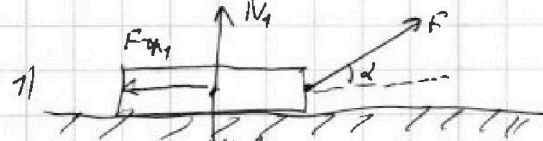
(L)

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

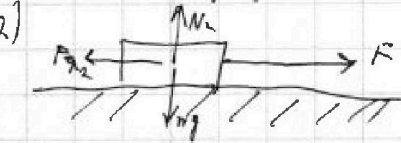
$m \cdot s$

$s \cdot s$

(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) $F_{fr} = ma = \mu mg = m \cdot 0 = \mu g = 0$

$2k = mV^2$

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

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

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

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

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

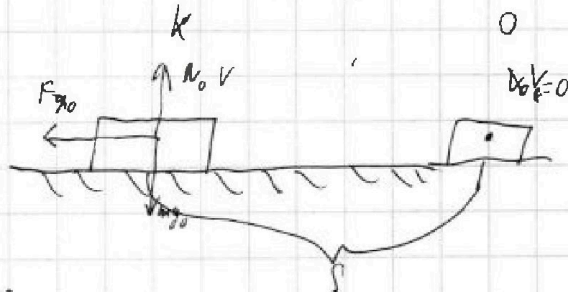
$\frac{mV^2}{2} = \mu mg_0 \cdot s_1$

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

$k = F_{fr} \cdot s_1$

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

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



4. $T_1 = 200k$

$R = r_1 M \quad v = 1$

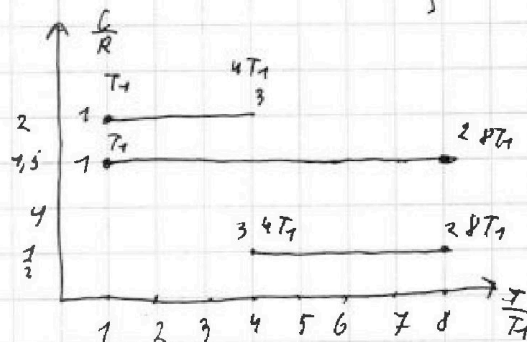
$\alpha = \omega CBT = \omega \frac{1}{2} R \omega^2$

$C_1 = (1 + \frac{1}{2})R$

$C_2 = \frac{1}{2}R$

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

1-2-3-1



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

$\frac{P_1 \cdot 3 \cdot 1}{24,93}$

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

$= \frac{3}{2} \sqrt{R} T_1 = \frac{3}{2} \cdot 7,83 + 200 =$

$= 3 \cdot 7,81 \cdot 100 = 2493 \text{ (J)}$