

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.

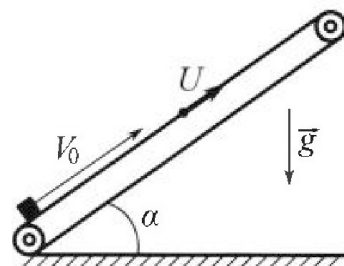
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

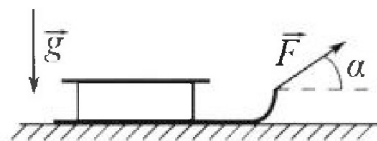
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

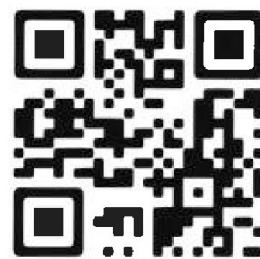
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



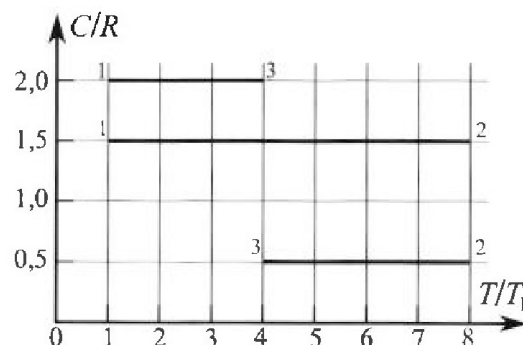
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

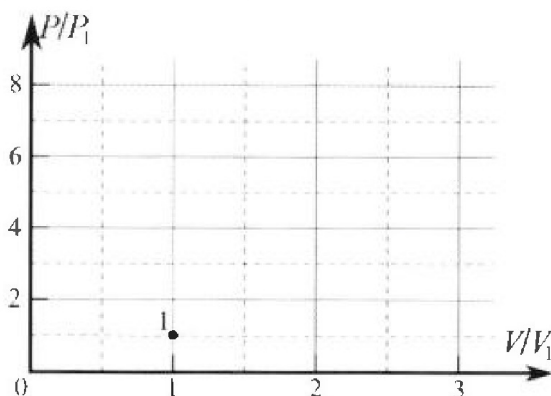
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

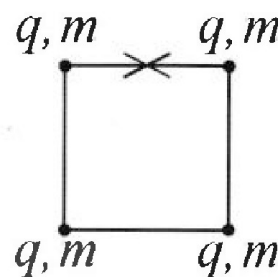


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

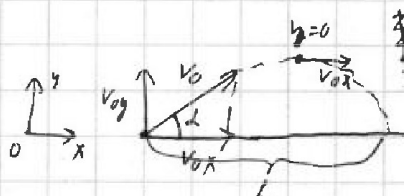
$$\alpha = 45^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$

$$H = 7,6 \text{ м}$$

$$1) V_0 = ?$$

$$2) t = ?$$



$$1) V_{0x} = V_0 \cos \alpha, L = V_{0x} \cdot T$$

$$V_{0y} - gT = 0, \text{ где } T = T - \text{время времени полета}$$

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

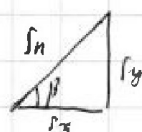
$$L = V_{0x} \cdot \frac{2V_{0y}}{g} = \frac{2V_0 \cos \alpha \cdot V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin 90}} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$H = 0 + V_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$L = V_{0x} \cdot t$$



$$V_y = V_0 \sin \alpha$$

Ответ: 1) $14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

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!



N² 2 Data:

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

$$V_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$M = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

$$u = 1 \text{ м/с}$$

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

$$1) \int - ?$$

$$2) T_1 - ?$$

$$3) L - ?$$



$$1) \text{ 23 Н по ОХ: } -F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = -ma_y$$

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

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

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

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

$$= 6 \cdot 7 - \frac{10 \left(\frac{3}{5} + \frac{1}{5} \cdot \frac{3}{4} \right) \cdot 7^2}{2} = 1 \text{ (м)}$$

2)



В ЛСО "лента" рассматриваем движение

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

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

$$V_0 = V_{\text{осн}} + u$$

$$V_{\text{осн}} = V_0 - u = 6 - 1 = 5 \text{ (м/с)}$$

При расчете скорости и длины остановившейся ленты.

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

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

3) S_1 - расстояние, пройденное лентой до остановки осн-но ленты.

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

В ЛСО лента движется после остановки лентки вниз, пока есть скорость.

В ЛСО движется вверх 0 при $V_{\text{осн}} = -u$.

S_2 - расстояние движения ленты в ЛСО от u до 0.

$$S_2 = S_{\text{акт}} + S_{\text{пз}}$$

$$S_{\text{акт}} = \left(\frac{u^2 - 0}{2a_2} \right), \quad S_{\text{пз}} = u \cdot t, \quad u = a_2 \cdot t \Rightarrow$$

$$S_{\text{пз}} = \frac{u^2}{a_2}$$

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

$$23 \text{ Н: } mg = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}2}$$

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

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

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

$$= \frac{40}{20} = 2 \text{ (м)}$$

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!

$N^{\circ} 3$ Дано:
 L
 k
 m
1) M^{-1}
2) β^{-1}

L - длина
погоны

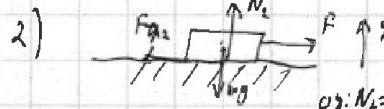


$$\text{ОУ: } N_1 = mg - F \sin \alpha$$

$$\text{Самый } F_{fr1} = \mu N_1 = \mu mg - \mu F \sin \alpha \quad \text{самый}$$

Работа сил реакции упругости и кин. энергии груза

$$K - 0 = A_F + A_{Ffr} = F \cdot L \cos \alpha + (-F_{fr} \cdot L) = FL \cos \alpha - \mu L (mg - F \sin \alpha)$$



$$\text{ОУ: } N_2 = mg$$

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

Работа сил реакции упругости и кин. энергии груза

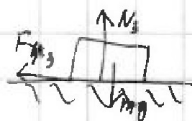
$$K - 0 = A_F + A_{Ffr} = F \cdot L - \mu mg L$$

$$\text{Прыжки груза: } PL - \mu mg L = FL \cos \alpha - \mu L (mg - F \sin \alpha)$$

$$PL = FL \cos \alpha + \mu L F \sin \alpha$$

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

3) Торможение:



$$F_{fr3} = \mu N_3 = \mu mg$$

$$F_{fr3} = ma = \mu mg - \text{гравитационное ускорение} \rightarrow a = \mu g$$

$$S = \frac{0 - V^2}{-2a} = \frac{V^2}{2a} = \frac{V^2}{2\mu g} = \frac{2k}{2\mu g} = \frac{k \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) \mu g}$$

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

$$\text{Для } k = \frac{mV^2}{2} \rightarrow V^2 = \frac{2k}{m}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



$N^{\text{до}} = 4$ Дано:
 $T_1 = 200 \text{ K}$
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$
 $\nu = 1 \text{ моль}$
 $i = 3$
 1) A_{31} ?
 2) η ?

1) Из уравнения теплового баланса: $Q_{31} = Q_{13}$. В Т.1 $T_1 = 200 \text{ K}$, в Т.2: $4T_1$;

в Т.3: $2T_1$. $\frac{C}{R}$ отсюда $1-3' = 2$; $1-2' = \frac{1}{2}$; $1-2'' = \frac{1}{2}$

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

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

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

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

2) $\eta = 1 - \frac{Q_{12}}{Q_{21}}$ $Q_{12} = \nu \frac{C_{12}}{R} \cdot (PT_1 - T_1) \cdot R = \frac{3}{2} \cdot R \cdot 2T_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1$

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

$$Q_{23} = \nu \frac{C_{23}}{R} (4T_1 - 2T_1) R = \nu \frac{1}{2} R 2T_1 = -\nu RT_1$$

$$Q_{12} = -6 \nu RT_1$$

$$Q_{12} = Q_{21}$$

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

$$= 1 - \frac{21 \nu RT_1}{2(2\nu RT_1 + 6\nu RT_1)} = 1 - \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{21}} = 1 - \frac{2(2\nu RT_1 + 6\nu RT_1)}{21 \nu RT_1} =$$

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

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

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (PT_1 - T_1) = \frac{21}{2} \nu RT_1 \rightarrow A_{12} = \frac{21}{2} \nu RT_1 - \frac{21}{2} \nu RT_1 = 0 \Rightarrow \text{процесс } 1-2' \text{ изохорный.}$$

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) q_1 ?

4) E_k ?

3) d ?

к-посчитал правильно

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

$$F_1 = \frac{k|q_1||q_1|}{a^2} \quad F_2 = \frac{k|q_1||q_1|}{(\sqrt{2} \cdot a)^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

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

$$F_{\Sigma} = T_{\Sigma} = T\sqrt{2}$$

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

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

- 2) При перпендикулярном движении, действующим на систему из заряженных тел, не появляется $\Rightarrow$ верен 3-й принцип (вспомогательная скорость не требуется)

$$V \downarrow \quad a \quad a \quad a \quad V \downarrow \quad 2U = 2V \Rightarrow U = V$$

Можно считать также скоростью: $W_{\text{пол}} = W_k + qE_k \quad E_k = \frac{kq\sqrt{2}T}{4(2\sqrt{2}+1)}(\sqrt{2}+1)$

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

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

3)



т.к. массы точечных зарядов равны, а массы равны, то х.у.м. будет находиться в центре квадрата, на расстоянии $\frac{a}{2}$ от каждой стороны.

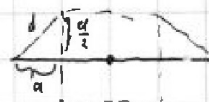
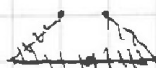
На систему не действуют внешние силы $\Rightarrow \Pi \cdot \vec{v}_{\text{ц.м.}} = \vec{0} \Rightarrow$ центр масс либо покоится либо движется равномерно, но вначале он покоится $\Rightarrow$ $x_{\text{ц.м.}} = 0$ $x_{\text{ц.м.}}$ останется, если заряды сдвинутся по $\frac{a}{2}$.

После сдвига х.у.м. будет находиться ровно 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) $\frac{kq\sqrt{2}T}{4(2\sqrt{2}+1)}(\sqrt{2} + \frac{1}{2})$; 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 ☐

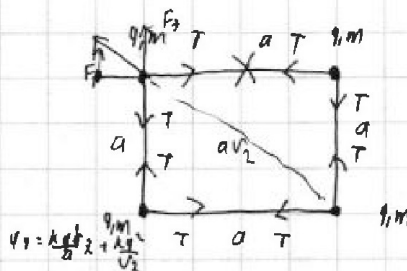
МФТИ

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



Т
а
в

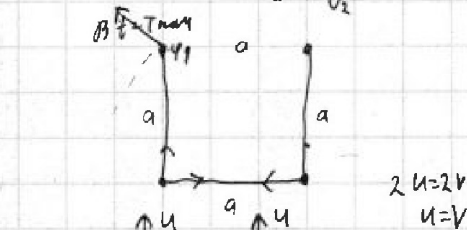
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$



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

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

2)



Для системы $\vec{V}$ и $\vec{V}_2$ справедливо, но так выбран $\vec{V}$ и $\vec{V}_2$

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

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

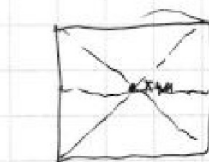
$$\frac{kq^2}{a}(4 + \sqrt{2}) - \frac{kq^2}{a}(4 + \frac{1}{2}) = \frac{4kq^2}{a}\sqrt{2}$$

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

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

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

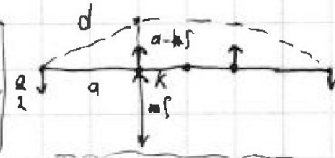
3)



E_K

$$A_{\text{эл}} = \Delta E_K$$

$$A_{\text{эл}} = \int \vec{F} \cdot d\vec{s} \cos \alpha$$



x, y, z

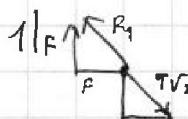
$F_{\text{эл}}$

$A_{\text{эл}} = 0 \Rightarrow M_{\text{эл}} = F_{\text{эл}} = 0 \Rightarrow \tau_{\text{эл}} = 0 \Rightarrow$ ч.ч. и др. поворачиваются, и др. поворачиваются с $V = \text{const}$, и др. поворачиваются с $V = \text{const}$

и др. поворачиваются с $V = \text{const}$, и др. поворачиваются с $V = \text{const}$

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

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



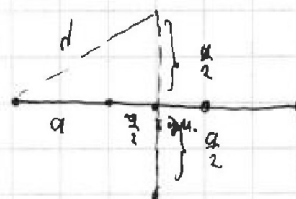
$$F_1 + F_2 = T\sqrt{2}$$

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

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

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

or



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

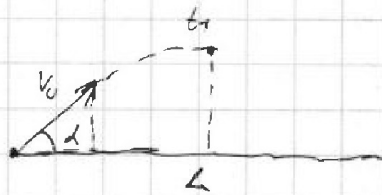
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



1.
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $V_0 = ?$



$$1) \quad V_x = V_0 \cos \alpha$$

$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t = v_x t$$

$$\dot{y} = V_y - g t$$

$$g t_1 = V_y - \text{факт } \text{происхожд. } \approx \frac{1}{2} L$$

$$t_1 = \frac{1}{2} t$$

$$t = \frac{2 V_y}{g} = \frac{2 \cdot V_0 \sin \alpha}{g}$$



$$L = \frac{V_0 \cos \alpha \cdot 2 V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\sqrt{\frac{g L}{2 \cos \alpha \sin \alpha}} = V_0$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{9.8 \cdot 20}{2 \sin 90}} = \sqrt{\frac{196}{1}} = 10\sqrt{2} = 10 \cdot 1.41 = 14.1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2/
 $H = 3.64 \text{ м}$
 $\beta = ?$



$$V_{0x} = V_0 \cos \beta$$

$$L = V_{0x} \cdot t$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \beta$$

$$H = V_{0y} \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$H = 0 + V_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2} = H$$

$$H = V_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$H = V_0 \sin \beta \cdot \frac{L}{V_0 \cos \beta} - \frac{g L^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H = \tan \beta \cdot L - \frac{g L^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$\frac{2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} L^2 - \tan \beta \cdot L + H = 0$$

$$D = \tan^2 \beta - \frac{4 \cdot H \cdot g}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} \quad \sqrt{D} = \sqrt{\frac{2 V_0^2 \cos^2 \beta \cdot 4 H \cdot g}{2 V_0^2 \cos^2 \beta}}$$

$$\beta = \arctan \left(\tan \beta + \sqrt{\frac{2 V_0^2 \cos^2 \beta \cdot 4 H \cdot g}{2 V_0^2 \cos^2 \beta}} \right)$$

$$\beta = \arctan \left(\tan \beta + \sqrt{0} \right) = \arctan \left(\tan \beta \right)$$

$$\sqrt{H} = \sqrt{\frac{2 V_0^2 \cos^2 \beta \cdot 4 H \cdot g}{2 V_0^2 \cos^2 \beta}}$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{\frac{2 V_0^2 \cos^2 \beta \cdot 4 H \cdot g}{2 V_0^2 \cos^2 \beta}}$$

$$\beta = \arctan \left(\tan \beta + \sqrt{\frac{2 V_0^2 \cos^2 \beta \cdot 4 H \cdot g}{2 V_0^2 \cos^2 \beta}} \right)$$

$$\beta = \arctan \left(\tan \beta + \sqrt{0} \right) = \arctan \left(\tan \beta \right)$$



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!

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

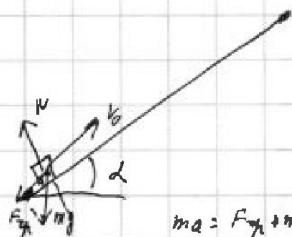
$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$V_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

1)



$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

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

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

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

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

$$= 0,1 \left(\frac{3}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{7}{5} \right) = 1,01 \text{ м/с}^2$$

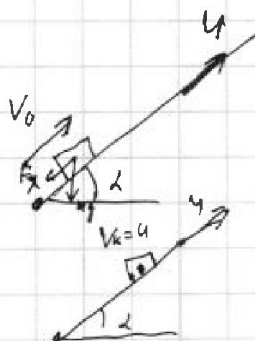
$$s = V_0 \cdot T + \frac{a_1 T^2}{2} = 6 \cdot 1 + \frac{1,01 \cdot 1^2}{2} = 6,505 \approx 2,5 \text{ м}$$

$$U = 1 \text{ м/с}$$

$$V_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$T_1$$

2)



МКО движется (упрощ.)

$$V_0 = V_{\text{ср}} + U$$

$$V_{\text{ср}} = V_0 - U = 6 - 1 = 5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$V_{\text{ср}} \cos \alpha = 0$$

$$a = a_{\text{ср}}$$

$$a = a_{\text{ср}} + a_{\text{нп}}$$

$$a = a_{\text{ср}}$$

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

$$V_{\text{ср}} \cos \alpha = V_{\text{ср}} - a T_1$$

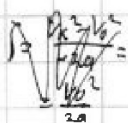
$$a T_1 = V_{\text{ср}}$$

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

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

3) $L = ?$

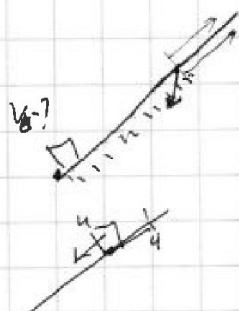
$$V_k = 0$$



$$V_k = V_{\text{ср}} + U = 0$$

$$U = -V_{\text{ср}}$$

$$f = f_{\text{ад}} + f_{\text{тр}}$$



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

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

$$L_1 = \frac{V_0^2 - U^2}{2a_1} \text{ — не применяем, т.к. } V_{\text{ср}} = U$$

$$L_2 = \frac{U^2 - 0^2}{2a_2}$$

$$U = 0 + a_2 t$$

$$f_{\text{ад}} = \frac{U^2 - 0^2}{2a_1}$$

$$f_{\text{тр}} = U \cdot t = \frac{U^2}{a_2}$$

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

$$f_{\text{ср}} L = L_1 - f = \frac{V_0^2 - U^2}{2a_1} - \left(-\frac{U^2}{2a_2} \right) = \frac{V_0^2 - U^2}{2a_1} + \frac{U^2}{2a_2}$$

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!

МФТИ

$$2) \eta = \frac{A'}{Q_{in}} = \frac{a_n - a_1}{a_n} = 1 - \frac{a_1}{a_n}$$

1-2

2-3

3-1

$$\begin{aligned} Q_{12} &= \sqrt{0.5R} \cdot \Delta T_2 \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{0.7} T_1 \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{RT_1} \end{aligned}$$

$$\frac{c}{R} = 1.13$$

$$c = 1.5R$$

$$Q_{23} = \sqrt{\frac{1}{2}R} \cdot (4T_1 + T_1) = -\sqrt{\frac{1}{2}R} \cdot 4T_1 = -2\sqrt{RT_1}$$

$$Q_{31} = \sqrt{2R(T_1 + 4T_1)} = -6\sqrt{RT_1}$$

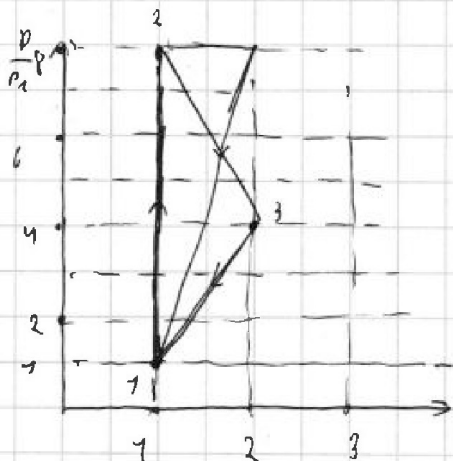
$$Q_{ex} = (-2\sqrt{RT_1} - 6\sqrt{RT_1}) = -8\sqrt{RT_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{8\sqrt{RT_1}}{\frac{1}{2}\sqrt{RT_1}} = 1 - \frac{8 \cdot 2}{2 \cdot 1} = 1 - \frac{16}{2} = \frac{5}{21}$$

3)



$$p_2 = p_1 + b$$



$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$= \frac{3}{2}\sqrt{RT_1} + A_{12} + \frac{1}{2}\sqrt{R}(p_2 - p_1)V_1$$

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

$$p_1 V_1 = p_2 V_1$$

$$\sqrt{RT_1} = p_2 V_1$$

$$p_2 = p_1$$

$$\frac{3}{2} \sqrt{RT_1} = \frac{1}{2} \sqrt{RT_1}$$

$$\sqrt{RT_1} = p_1 V_1$$

$$\sqrt{RT_1} = p_1 V_1$$

т.к.

$$Q_{23} = -\frac{1}{2}\sqrt{RT_1} = -2\sqrt{RT_1}$$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} \quad \Delta U_{23} = -\frac{3}{2}\sqrt{RT_1} = -6\sqrt{RT_1}$$

$$A_{23} = \sqrt{RT_1} =$$

2

$$p_1 V_1 = \sqrt{RT_1}$$

$$\text{отсюда: } \sqrt{RT_1} = p_1 V_1$$

$$\sqrt{RT_1} = p_1 V_1$$

$$p_1 V_1 = 4p_1 V_1$$

$$Q_{31} = -\sqrt{2R} \cdot 5T_1 = -6\sqrt{RT_1}$$

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

$$= -\frac{9}{2}\sqrt{RT_1}$$

$$A_{31} = -\frac{1}{2}\sqrt{RT_1}$$

$$U_2 = \frac{3}{2}\sqrt{RT_1} = 12\sqrt{RT_1}$$

$$U_3 = \frac{1}{2}\sqrt{RT_1} = 6\sqrt{RT_1}$$

$$\Delta U_{31} = 6\sqrt{RT_1}$$

$$Q_{31} = -2\sqrt{RT_1}$$

$$A_{31} = 4\sqrt{RT_1}$$

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

$$p_1 V_1 \left(\frac{1}{p_1} + \frac{4}{p_1} \right) \cdot \frac{1}{2} (p_2 - p_1) = p_1 V_1 \left(\frac{5}{p_1} \right) \cdot \frac{1}{2} (p_2 - p_1) =$$

$$Q_{23} = -\sqrt{\frac{1}{2}R} \cdot 4T_1 = -2\sqrt{RT_1}$$

$$\Delta U_{23} = -\frac{3}{2}\sqrt{RT_1}(4T_1 - T_1) = -6\sqrt{RT_1}$$

$$p_1 V_1 =$$

$$A_{21} = 4\sqrt{RT_1} = 4p_1 V_1$$

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

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!

(1) $\frac{mv^2}{2}$

(2)

(3) $(F, F \sin \alpha)$

$m \cdot g$

$F \sin \alpha$

(4)



$N_1 = mg - F \sin \alpha$

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



$N_2 = mg$

$F_{fr2} = \mu mg$

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

$A_K = A_{fr1} = FS - \mu(mg - F \sin \alpha)$

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

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

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

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

$\cos \alpha + \sin \alpha = 1 \Rightarrow \sin \alpha = 0$

$a = F - \mu mg$

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

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

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

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

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

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

$K = 0 = A_{fr1}$

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

$\frac{mv^2}{2} = F_{fr} \cdot s$

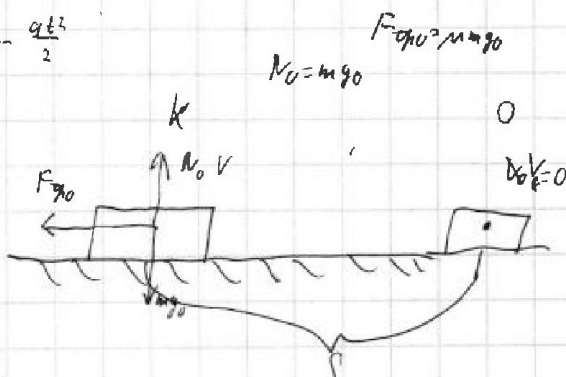
$\frac{mv^2}{2} = \mu mg \cdot s$

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

$K = F_{fr} \cdot s$

$s = \frac{K}{F_{fr}} = \frac{K}{\mu mg}$

$s = \frac{v^2 - 0}{2 \cdot \mu g} = \frac{2K}{2\mu mg} \cdot V$



$F_{fr0} = \mu mg_0$

$N_0 = mg_0$

4) $T_1 = 200k$

$R = 8,31$

$v = 1$

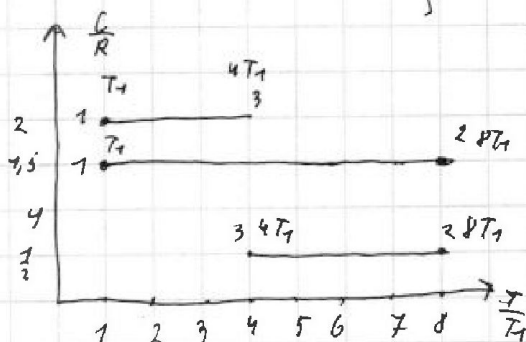
$\alpha = \sqrt{CBT} = \sqrt{\frac{1}{2} R \alpha^2}$

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

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

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

1-2-3-4



1) $A_{11} = \Delta U_{11} + A_{11}' = \Delta U_{11} + A_{11}''$

$\frac{8,31 \cdot 1}{24,93}$

$A_{11} = \Delta U_{11} + Q_{11} = \frac{3}{2} \sqrt{R(T_1 - T_2)} + (\sqrt{2} R \delta T_1) = \frac{9}{2} \sqrt{R T_1} + 6 \sqrt{R T_1}$

$= \frac{3}{2} \sqrt{R T_1} = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 =$

$= 3 \cdot 8,31 \cdot 100 = 2493 \text{ (J)}$