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 $\alpha = 45^0$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

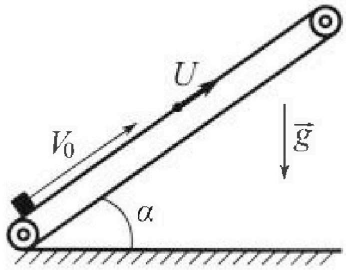
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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^2. 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?

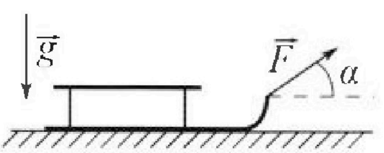
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, *движущуюся* со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

2) Через к акое 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^2. 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.

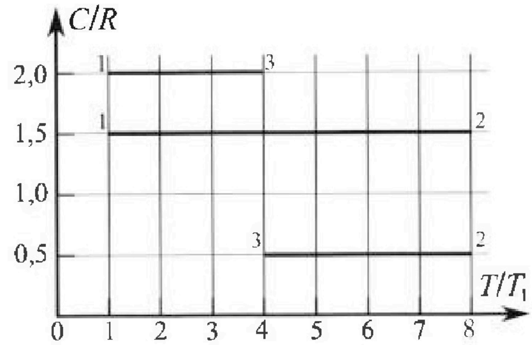
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g. Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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

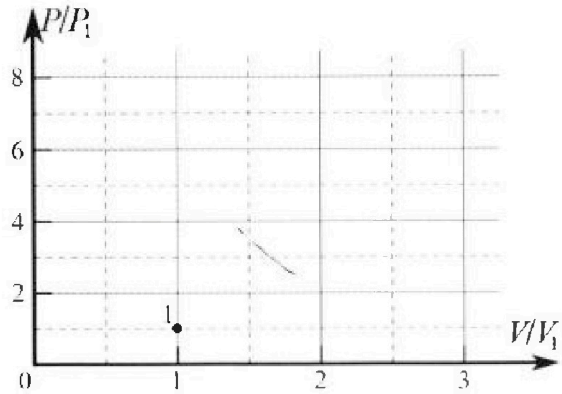
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см.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



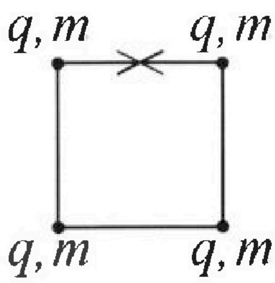
1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

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 как ом расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (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 ☐

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

МФТИ

Задача №1

Дано: $\alpha = 45°$; $L = 20$ м

Найти: v_0 – ?

S – ?

Решение:

1) Введем систему координат xOy ($Ox \parallel$ земле; $Oy \perp Ox$) тогда координаты мяча в этих координатах

$$\begin{cases} x = v_{0x} t = v_0 \cos 45° \cdot t \\ y = v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin 45° \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент приземление $y = 0$, тогда если τ – время полета:

$$v_0 \sin 45° \tau = \frac{g\tau^2}{2}$$

$$\tau = \frac{2v_0 \sin 45°}{g}$$

Тогда дальность полета: $L = v_0 \cos 45° \cdot \frac{2v_0 \sin 45°}{g} = v_0^2 \cdot \frac{\sin 2\alpha}{g} =$

$= \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{20 \cdot 10} = 10\sqrt{2} \approx 14{,}1$ м/с

2) В силу симметрии траектории полета мяча наибольшая высота удара, когда мяч находится в высшей т. траектории:

$t_{пол} = \frac{v_0 \sin\beta}{g}$ – время полета до высшей точки

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

$$\sin^2\beta = \frac{2gH}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 3{,}6}{200} = \frac{72}{200}$$

$$\cos^2\beta = 1 - \frac{72}{200} = \frac{128}{200}$$

$$S = \frac{v_0^2}{2g} \sin 2\alpha = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha = \frac{200}{10} \cdot \frac{\sqrt{72}}{\cancel{\sqrt{200}}} \cdot \frac{\sqrt{128}}{\cancel{\sqrt{200}}} = \frac{\sqrt{2 \cdot 36 \cdot 2^7}}{10} =$$

$$= \frac{2^4 \cdot 6}{10} = \frac{16 \cdot 6}{10} = 9{,}6 \text{ м}$$

Ответ: $v_0 = 10\sqrt{2}$ м/с

$S = 9{,}6$ 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!

МФТИ

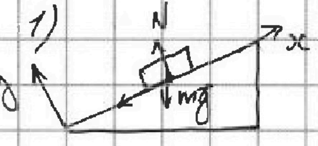
Задача №2

Дано: $\sin\alpha = 0,6$; $v_0 = 6$ м/с; $\mu = 0,5$

Найти: s -? L-?

T_1 -?

Решение:

1) 

По 1-му закону Ньютона на оси:

$Ox: \; ma_x = -mg\sin\alpha - F_{тр}$

$Oy: \; N - mg\cos\alpha = 0$

Т.к. сила трения скольжения, $F_{тр} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$

Время за к-рое шайба остановится

$$\tau = \frac{v_0}{a_x} = \frac{v_0}{g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha} = \frac{6}{10\cdot 0,6 + 0,5\cdot 10\cdot 0,8} = 0,6\,с$$

$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = 4/5$ $\quad tg\alpha = \frac{3}{4} > \mu = 0,5 \Rightarrow$

Т.о. через $T = 1с$ шайба успеет развернуться:

$$s = v_0\tau - \frac{(g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha)\tau^2}{2} + \frac{(g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha)(T-\tau)^2}{2} =$$

$$= 6\cdot 0,6 - \frac{10\cdot 0,6^2}{2} + \frac{10\cdot 0,4^2}{2} = 3,6 - \overset{1,8}{\cancel{2,7}} + 0,8 = 2,6\,м$$

2) Если транспортер движется, то условие разворота шайбы: $v = u$. Если перейти в ИСО транспортера, то в соотв. с зак. сл-я ск-ти:

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha} = \frac{5}{10} = 0,5\,с$$

3) После того, как $v = u$ шайба разворачивается относительно транспортера:

$$T_2 = \frac{v_0}{g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha} = 0,6\,с$$ – время до остановки в ИСО

4) $$L = v_0 T_2 - \frac{(g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha)T_2^2}{2} = 6\cdot 0,6 - \frac{10\cdot 0,6^2}{2} = 1,5\,м$$

Ответ: $s = 2,6$ м

$T_1 = 0,5$ с

$L = 1,5$ 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 ☐

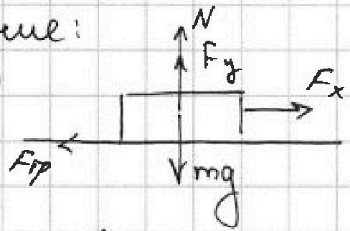
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

Задача №3
Дано: k; α; m
Найти: μ – ?
S – ?

Решение:

1)



В первом случае:

$$a_1 = \frac{F_{x_1} - F_{тр}}{m} = \frac{F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha)}{m}$$

Во втором сл-я: $a_2 = \frac{F_{x_2} - F_{тр}}{m} = \frac{F - \mu mg}{m}$

Из ур-й кинематики:

$$L = \frac{v^2}{2a_1} = \frac{v^2}{2a_2} \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$\frac{F - \mu mg}{\cancel{m}} = \frac{F\cos\alpha - \mu mg + \mu F\sin\alpha}{\cancel{m}}$$

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

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

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

2) Из ур-й кинематики:

$$S = \frac{v^2}{2a}$$

После прекр. действ-я F:

$$a = \mu mg$$

$$S = \frac{v^2}{2\mu mg}$$

Из ЗСЭ: $K = \frac{mv^2}{2}$;

Окончательно:

$$S = \frac{K}{m \cdot \mu mg} = \frac{K}{\mu m^2 g} = \frac{K\cos\alpha}{(1 - \sin\alpha)m^2 g}$$

Ответ: $\mu = \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha}$; $S = \frac{K\cos\alpha}{(1 - \sin\alpha)m^2 g}$

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!

МФТИ

Задача №4

Дано: $T_1 = 200K$; $R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

Найти: A_{31}; η; $\frac{p}{p_1}\left(\frac{V}{V_1}\right)$

Решение:

1) Из I-го начала ТД:

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$$\begin{cases} \Delta Q = C\Delta T = 2R \\ \Delta U = C_V \Delta T \end{cases}$$

$$A_{31} = (C - C_V)\Delta T = \left(2R - \frac{3}{2}R\right)(T_1 - T_3) = \frac{1}{2}R \cdot -3T_1 =$$

$$= -\frac{3}{2}RT_1 = -\frac{3}{2} \cdot 8{,}31 \cdot 200 \approx -2500 Дж$$

2) $\eta = \frac{A}{Q_+}$

В процессе 1-2: $C = C_V \Rightarrow$ процесс изохор. $\Rightarrow A = 0$

$$\Delta Q_{12} = \Delta U_{12} = C_V(T_2 - T_1) = C_V \cdot 7T_1 = \frac{3}{2}RT_1 7 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 8{,}31 \cdot 200 \cdot 7 = 2500 Дж \cdot 7 = 17{,}5 кДж$$

$$\Delta Q_{23} = C\Delta T = \frac{1}{2}R \cdot -4T_1 < 0 \Rightarrow Q_+ = \Delta Q_{12}$$

$$A = A_{23} + A_{31} = (\Delta Q_{23} - \Delta U_{23}) = \frac{1}{2}R \cdot -4T_1 - \frac{3}{2}R \cdot -4T_1 + A_{31} =$$

$$= 4T_1\left(\frac{3}{2}R - \frac{1}{2}R\right) + A_{31} = 4RT_1 - \frac{3}{2}RT_1 = \frac{5}{2}RT_1$$

$$\eta = \frac{5/2 RT_1}{21/2 RT_1} = \frac{5}{21}$$

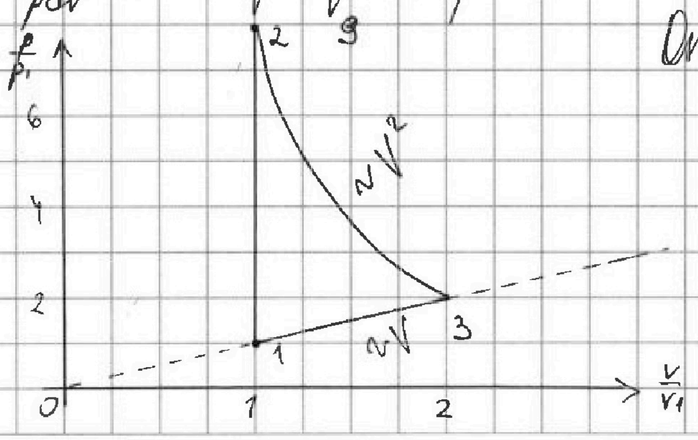
3) процесс $1 \to 2$ изохор. процесс

процесс $2 \to 3$: $C = C_V + \frac{R}{1 + \frac{Vdp}{pdV}} \Rightarrow 1 + \frac{Vdp}{pdV} = (C_{23} - C_V)^{-1} = -1$

$$\frac{Vdp}{pdV} = 2 \Rightarrow \frac{p}{p_2} = \left(\frac{V}{V_2}\right)^2 \Rightarrow pV^{-2} = const \Rightarrow$$ политропн. процесс $(p \sim V^2)$

процесс $3 \to 1$: $C = C_V + \frac{R}{1 + \frac{Vdp}{pdV}} \Rightarrow 1 + \frac{Vdp}{pdV} = (C_{31} - C_V)^{-1} = 2$

$$\frac{Vdp}{pdV} = 1 \Rightarrow \frac{p}{V} = \frac{p_3}{V_3} \Rightarrow p \sim V$$



Ответ: $A_{31} = -2500 Дж$

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

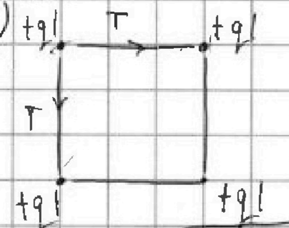
Задача №5

Дано: T; a

Найти: $|q|$; k; d

Решение:

1)



Из усл-я равновесия шариков:

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

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

$$|q| = \sqrt{\frac{Ta^2\sqrt{2}}{k(\sqrt{2}+\frac{1}{2})}} = \sqrt{\frac{2Ta^2\sqrt{2}}{k(2\sqrt{2}+1)}} = \sqrt{\frac{Ta^2}{k}\frac{(8-2\sqrt{2})}{7}}$$

2) Силы вз-я м/у шариками явл. внутр. силами => по т. о дв-ии ц.м. импульс системы остается неизменным и равным 0, тогда в момент когда все шарики расположены на одной прямой кинетические энергии всех частиц одинаковы и равны:

$$K = \frac{1}{2}\left(\cancel{k\frac{q}{a}} + k\frac{q}{a} + k\frac{q}{a\sqrt{2}} - \cancel{k\frac{q}{a}} - k\frac{q}{2a} - k\frac{q}{3a}\right)\cdot q$$

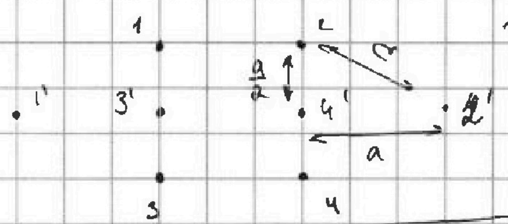
$$K = \frac{1}{2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}-\frac{1}{2}-\frac{1}{3}\right)k\frac{q^2}{a}$$

$$K = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{6}+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)k\frac{q}{a} = \frac{6+\sqrt{2}}{12\sqrt{2}}k\frac{q^2}{a}$$

3) Исходя из того, что ц.м. не меняет своего положения:

1, 2, 3, 4 – нач. пол-я

1', 2', 3', 4' – кон. пол-я



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

Ответ: $|q| \sqrt{\frac{Ta^2}{k}\frac{8-2\sqrt{2}}{7}}$

$$K = \frac{6+\sqrt{2}}{12\sqrt{2}}k\frac{q^2}{a}$$

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

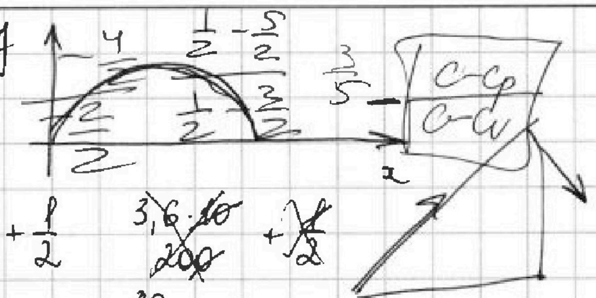
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

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

$(\cos\alpha)^{-1}$

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



$\frac{c_p}{c_v}$

$\sin\alpha = \frac{H + \frac{g}{2}\frac{v_0^2}{g^2}}{\frac{v_0^2}{g}} = \frac{Hg}{v_0^2} + \frac{1}{2}$

$v_0\sin\alpha \cdot t$ $\quad p \sim V^2$

$v_0\sin\alpha t - \frac{gt^2}{2} = H$

$c = c_v + \frac{R}{1+\frac{Vdp}{pdV}}$

$pV \quad v_0\cos\alpha\cdot t = s \quad pV^{-2} = A$

$\frac{3}{2}R$

$\frac{s}{v_0\cos\alpha} \quad S = \sqrt{\left(\frac{v_0^2}{g}\right)^2 - \left(\frac{g}{2}\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+H\right)^2}$

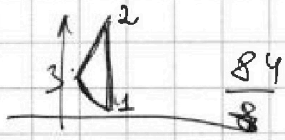
$1+\frac{Vdp}{pdV}=2$

$\left(\frac{200}{10}\right)^2 - \left(\frac{10}{2}\cdot\frac{200}{10} + 3,6\right)^2$

$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{mv^2}{2}$

$\frac{Vdp}{pdV}=1$

$\frac{dp}{p}=\frac{dV}{V}$



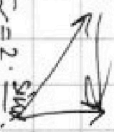
$\frac{84}{8} = \frac{42}{4}=\frac{21}{2}$

$\frac{p}{p_0}=\frac{V}{V_0}$ $\quad \left(\frac{200}{10}\right)^2$

$\frac{8,4}{0,8}$

$\frac{p}{V}=\frac{p_0}{V_0}=const$

$\sqrt{20^2 - 13,6^2}$



$v_0^2 = 2gH + v^2$

$\Delta Q = \Delta U + A$ $\quad 20-13,6=6,4 \quad 6,4\cdot4\cdot8,4$

$2R\Delta T = \frac{3}{R}\nu\Delta T + A_{31}$ $\quad 20+13,6=33,6 \quad 0,36$

$\frac{3,6}{5} \quad \frac{7,2}{10} \quad \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad 16,8 \quad 2,1 \quad v^2 = 200-2\cdot10\cdot3,6$

$1+\frac{Vdp}{pdV} = -1$ $\quad \frac{p}{p_0}=\left(\frac{V_0}{V}\right)^2 \quad 8,4 \quad 0,16\cdot5=0,8$

$\frac{Vdp}{pdV}=-2$ $\quad pV^2=p_0V_0^2 \quad 200-72=128$

$\frac{dp}{p}=-2\frac{dV}{V}$ $\quad p=\frac{p_0V_0^2}{V^2}$

$\ln\frac{p}{p_0} = \ln\left(\frac{V_0}{V}\right)^2 \quad p=p_0\left(\frac{V_0}{V}\right)^2 \quad \left(v_0\cdot\sqrt{\frac{2H}{g}}\right)^2 \quad 36\cdot4$

$\frac{3}{2} - 1$ $\quad 3,6+3,6$

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

Задача 3:

Дано: K; ~~...~~; α; m

Найти: μ; S

Решение:

1) В случае когда сила направлена под углом α:

$$F \cdot \cos\alpha \cdot L = \mu(mg - F\cos\alpha)L + K$$ – в соотв. с ЗСЭ

2) Из ур-й кинематики:

$$L = \frac{v^2 \cdot m}{2(mg - F\cos\alpha)\mu}$$

3) Во втором случае:

$$L = \frac{v^2 \cdot m}{2\mu mg}$$

$$\Delta Q = A + \Delta U$$

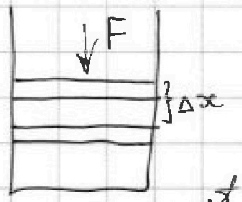
$$A = \Delta Q - \Delta U = (C - C_v)\Delta T = \int p\,dV$$

$$p\,dV + V\,dp = \nu R\,dT$$

$$\frac{p}{V} = 8$$

3) Скорость коробки обратится в 0 в ЛСО, когда в выбранной нами ИСО, она равна $v_2 = 1$ м/с в соответствии с законом сложения скоростей тогда время движение до этого момента

$$T_2 = \frac{v_0 - u - v_2}{(g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha)} = \frac{6}{10} = 0,6\,c$$



$A = pS\Delta x$

$\Delta Q = A$

$C_p(T_к - T_н) = C_V(T_к - T_н) + A$

$(C_p - C_V)(T_к - T_н) > 0 \qquad A > 0$

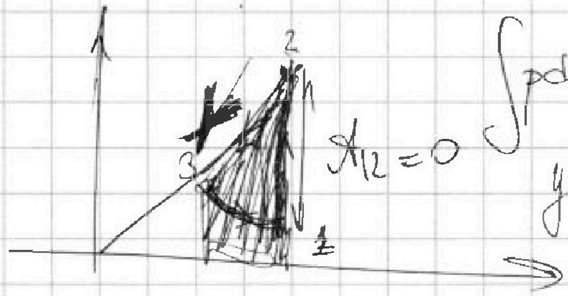
$C_p = C_V + R$

~~T = const~~ $p = const$

$\Delta U = 0$

ΔQ

~~$A_{12} = \Delta Q$~~



$A_{12} = 0 \quad \int p\,dV$

$y = kx$

$A_{23} + A_{31}$

$-\frac{4}{2} + \quad -4T_1\left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\right)$

$4 - \frac{3}{2} = 2,5 \quad -1$

$4T_1R$

МФТИ

Задача 2

Дано: $\sin\alpha = 0{,}6$; $v_0 = 6$ м/с ; $\mu = 0{,}5$

Найти:

Решение:

1) 

$\text{II}^{й}$ закон Ньютона в проекции на Ox:

$$ma_x = -mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$$

$\text{II}^{й}$ з-н Ньютона в проекции на Oy:

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

Т.к. брусок движется, то $F_{тр} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$

Тогда: время за которое скорость коробки по Ox станет равной 0:

$$\tau = \frac{v_0}{g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha} = \frac{6}{10\cdot 0{,}6 + 0{,}5\cdot 10\cdot 0{,}8} = \frac{6}{6+4} = 0{,}6\,с$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

Т.о через $T = 1$ с коробка развернётся и поедет вниз $\Rightarrow$

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

$$= 6\cdot 0{,}6 - \frac{10\cdot 0{,}6^2}{2} + \frac{10\cdot 0{,}4^2}{2} = 3{,}6 - 2{,}1 + 0{,}8 = 2{,}3\,м$$

2) Перейдем в СО, движущуюся со скоростью транспортера $\vec{u}$, СО является инерциальной, а значит:

$$v_{абс} = v_{отн} + v_{пер}$$

$$v = (v_0 - u) - (g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha)t$$

$$v_{отн} = v - u$$

В этой СО если скорость коробки равна 0, то в ЛСО она равна u $\Rightarrow$

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha} = \frac{5}{10} = 0{,}5\,с$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

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

МФТИ

Задача №1

Дано: $\alpha = 45°$; $L = 20$ м; $H = 3{,}6$ м

Найти: v_0 – ?; s – ?

Решение:

1) Запишем уравнения зависимости координаты мяча от времени:

$$\begin{cases} x = v_{0x} t = v_0 \cos 45° \cdot t \\ y = v_{0y} t - g t^2 \cdot \frac{1}{2} = v_0 \sin 45° \cdot t - \frac{g t^2}{2} \end{cases}$$

В момент приземления $y = 0$:

$v_0 \sin 45° \cdot \cancel{\tau} = \frac{g\tau^{\cancel{2}}}{2}$, где τ – время полета

$2 v_0 \sin 45° = g\tau$

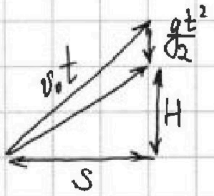
$\tau = \frac{2 v_0 \sin 45°}{g}$ $\qquad S = \frac{v_0^2}{2g}\sin 2\alpha \qquad t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$

Тогда для дальности полёта имеем:

$$L = v_0 \cos 45° \cdot \tau = \frac{v_0^2 \cdot 2 \sin 45° \cos 45°}{g} = \frac{v_0^2}{g}\sin 90° = \frac{v_0^2}{g}$$

Таким образом $v_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \simeq 14{,}1 \frac{м}{с}$

2) Когда футболист запускает мяч к стенке изобразим векторный треугольник перемещений к моменту удара:



Заметим, что в силу симметрии полета наибольшая высота удара достигается в случае, когда к моменту достижения высоты (H) тело находится в наивысшей точке траектории, тогда

$t_{под} = \frac{v_0}{g}$ – время полета до момента удара

$$S = \sqrt{\left(\frac{v_0^2}{g}\right)^2 - \left(\frac{g}{2}\frac{v_0^2}{g^2} + H\right)^2} = \sqrt{20^2 - 13{,}6^2} =$$