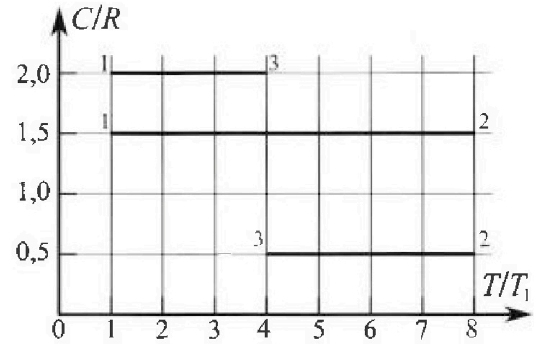
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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

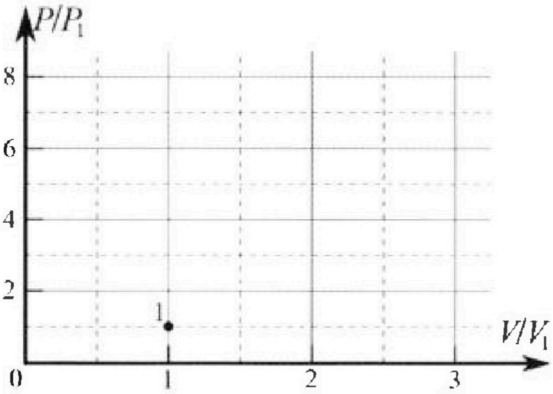
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см.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



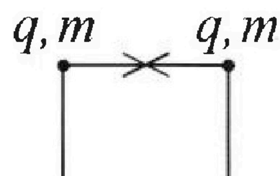
1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

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 расс тоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

Элек трическая постоянная ε_0. Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

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.

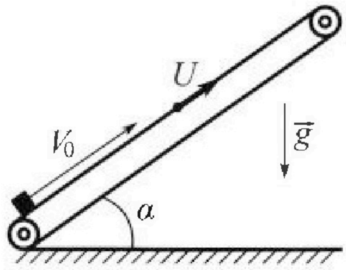
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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?

Уско рение 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?

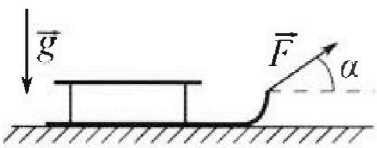
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, *движущуюся* со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

2) Через какое вр емя 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.

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

$(\sin\beta)' = \cos\beta$

$(\cos\beta)' = -\sin\beta$

$\left(\frac{\sin\beta}{\cos\beta}\right)' = \frac{\cos\beta\cdot\cos\beta - \sin\beta\cdot(-\sin\beta)}{\cos^2\beta} = \frac{\cos^2\beta+\sin^2\beta}{\cos^2\beta} = \frac{1}{\cos^2\beta} = (tg\beta)'$

$$t_2 = \frac{S}{v_0\cos\beta}$$

$$v_0\sin\beta\cdot\frac{S}{v_0\cos\beta} - \frac{g}{2}\cdot\frac{S^2}{v_0^2\cos^2\beta} \to max$$

$$S\,tg\beta - \frac{gS^2}{2v_0^2\cos^2\beta} \to max$$

Найдём такой β, при котором $S\,tg\beta - \frac{gS^2}{2v_0^2\cos^2\beta}$ максимальный

$$\left(S\,tg\beta - \frac{gS^2}{2v_0^2\cos^2\beta}\right)' = S\cdot\frac{1}{\cos^2\beta} - \frac{gS^2}{2v_0^2}\cdot\left(\frac{1}{\cos^2\beta}\right)' =$$

$$= \frac{S}{\cos^2\beta} - \frac{gS^2}{2v_0^2}\cdot\frac{2\sin\beta}{\cos^3\beta} = 0$$

$\left(\frac{1}{\cos^2\beta}\right)' = (\cos^{-2}\beta)' = -2\cdot(\cos\beta)^{-3}\cdot(-\sin\beta) = \frac{2\sin\beta}{\cos^3\beta}$

$$\frac{1}{\cos^2\beta} - \frac{gS}{v_0^2}\cdot\frac{tg\beta}{\cos^2\beta} = 0$$

$\sin^2\beta + \cos^2\beta = 1 \quad |:\cos^2\beta$

$tg^2\beta + 1 = \frac{1}{\cos^2\beta}$

$$\frac{1}{\cos^2\beta}\left(1 - \frac{gS}{v_0^2}\cdot tg\beta\right) = 0$$

$$\left[\begin{array}{l}\frac{1}{\cos^2\beta} = 0\\ \frac{gS}{v_0^2}tg\beta = 1\end{array}\right. \qquad \left[\begin{array}{l}tg^2\beta + 1 = 0\\ tg\beta = \frac{v_0^2}{gS}\end{array}\right. \qquad tg^2\beta = -1 \to \beta\in\varnothing$$

$$\boxed{tg\beta = \frac{v_0^2}{gS}}$$

$125 =$
$25\cdot5 =$
$0{,}25\cdot5$

Тогда $H = S\cdot\frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2}\cdot(tg^2\beta + 1)$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}\left(\frac{v_0^4}{g^2S^2} + 1\right) \qquad H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2v_0^4}{2v_0^2g^2S^2} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$\times\ 225$
7
1575

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$19{,}6 - 7{,}2 =$
$= 12{,}4$

$$H - \frac{v_0^2}{2g} = -\frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$\frac{v_0^2}{2g} - H = \frac{gS^2}{2v_0^2} \qquad S = \sqrt{\frac{\left(\frac{v_0^2}{2g} - H\right)\cdot 2v_0^2}{g}} = v_0\sqrt{\frac{\frac{v_0^2}{g} - 2H}{g}}$$

$$S = 14\cdot\sqrt{\frac{\frac{196}{10} - 2\cdot3{,}6}{10}} = 14\cdot\sqrt{\frac{12{,}4}{10}} = 14\sqrt{1{,}24} \approx$$

$$14\sqrt{1{,}25} = 14\cdot\sqrt{0{,}25\cdot5} = 14\cdot0{,}5\sqrt{5} \approx 7\cdot2{,}25 = 15{,}75\text{ м}$$

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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

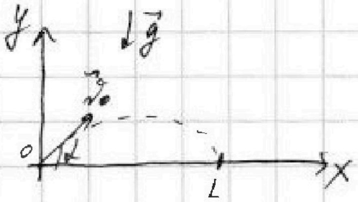
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

№1.

Дано:
$\alpha = 45^\circ$
$L = 20$ м
$v_0 - ?$

Решение:



$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos\alpha\, t \\ y(t) = v_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент падения мяча на ~~повер~~ горизонтальную поверхность t_1:

$$\begin{cases} x(t_1) = L \\ y(t_1) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 \cos\alpha\, t_1 = L \\ v_0 \sin\alpha\, t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_1 = \frac{L}{v_0 \cos\alpha} \\ v_0 \sin\alpha \cdot \frac{L}{v_0 \cos\alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{L^2}{v_0^2 \cos^2\alpha} = 0 \end{cases}$$

$$L \operatorname{tg}\alpha = \frac{gL^2}{2 v_0^2 \cos^2\alpha}$$

$$\operatorname{tg}\alpha \cdot \cos^2\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \cdot \cos\alpha \cdot \cos\alpha = \sin\alpha \cos\alpha$$

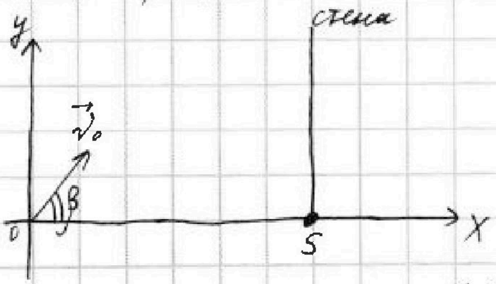
$$\frac{gL}{2 v_0^2 \cos^2\alpha} = \operatorname{tg}\alpha$$

$$2 v_0^2 \cos^2\alpha = \frac{gL}{\operatorname{tg}\alpha}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\operatorname{tg}\alpha \cdot 2 \cdot \cos^2\alpha}} = \sqrt{\frac{gL}{2\sin\alpha\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{gL}{\sin 90^\circ}} = \sqrt{gL}$$

$$v_0 = \sqrt{10 \cdot 20} = \sqrt{5 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 5} = 5 \cdot 2\sqrt{2} = 10\sqrt{2} \approx 10 \cdot 1{,}41 = 14{,}1 \frac{м}{с} \approx 14 \frac{м}{с}$$

2). $H = 36$ м ; $S - ?$



$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos\beta\, t \\ y(t) = v_0 \sin\beta\, t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент времени t_2, когда мяч влетает в стенку:

$$\begin{cases} x(t_2) = S \\ y(t_2) = H, \ y(t_2) \to max \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 \cos\beta\, t_2 = S \\ v_0 \sin\beta\, t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = H, \quad v_0 \sin\beta\, t_2 - \frac{g t_2^2}{2} \to max \end{cases}$$

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

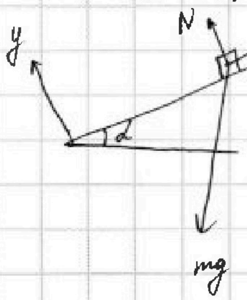
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

3). В С.О. „Лента транспортёра".
Когда скорость коробки обратится в ноль во втором опыте, ~~то~~ $\vartheta_{к;л} = -u$
В момент времени T_1 $F_{тр}$ меняет своё направление.
Посмотрим, какой путь d проехала коробка к T_1:

$$d = \vartheta_0 T_1 + \frac{a_2 T_1^2}{2} = 1{,}75 \text{ м}$$

Новый отсчёт времени:
в момент времени T_1 $t=0$.



$$-mg\sin\alpha + F_{тр} = ma_3$$

$$-mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha = ma_3$$

$$a_3 = -g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha$$

$$a_3 = -2 \frac{м}{с^2}$$

$$\vartheta_{к;л}(t) = a_3 t$$

В момент времени t_4, когда скорость коробки в С.О. „лаборатория" обратится в ноль,

$$\vartheta_{к;л}(t_4) = -u$$

$$a_3 t_4 = u$$

$$t_4 = -\frac{u}{a_3}$$

$$t_4 = \frac{-1}{-2} = \frac{1}{2} \text{ с}$$

В С.О. „Земля (лаборатория)"

$$d_2 = u t_4 + a_3 t_4^2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$d_2 = 1 \cdot \frac{1}{2} + (-2) \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \text{ м}$$

$$l = d + d_2 = 1{,}75 + 0{,}5 = 2{,}25 \text{ м}$$

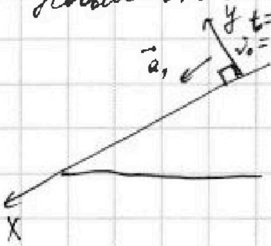
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

Т.к. $a_1 > 0$, то коробка поедет вниз.

Новый отсчёт времени:



$$x(t) = \frac{a_1 t^2}{2}$$

К моменту $T - t_1$:

$$x(T-t_1) = l_2$$

$$l_2 = \frac{a_1 (T-t_1)^2}{2}$$

$$l_2 = \frac{2 \cdot 0{,}4^2}{2} = 0{,}16 \text{ м}$$

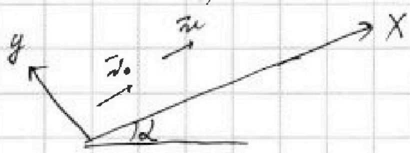
$$S = l + l_2$$

$$l = \frac{v_0^2}{2g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)} = \frac{36}{2\cdot 10(0{,}5\cdot 0{,}8 + 0{,}6)} = \frac{36}{2\cdot 10} = \frac{18}{10} = 1{,}8 \text{ м}$$

$$\boxed{S = 0{,}16 + 1{,}8 = 1{,}96 \text{ м}}$$

2). $u = 1\,\frac{м}{с}$; T_1 – ?

В С.О. „лента транспортёра" — это инерциал. С.О.



$$\vec v_{к;з} = \vec v_{к;л} + \vec v_{л;з}$$

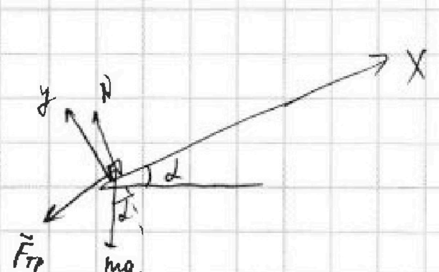
лента

коробка; земля, т.е. лаборатор. С.О.

$$\vec v_{к;л} = \vec v_{к;з} - \vec v_{л;з}$$

$$\vec v^{\,0}_{к;л} = \vec v_0 - \vec u$$

OX: $v_{к;л} = v_0 - u = 5\,\frac{м}{с}$



OX: $-mg\sin\alpha - F_{тр} = ma_2$

$$-mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = ma_2$$

$$a_2 = -g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha = -g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

$$a_2 = -g$$

В момент времени T_1 $v_{к;з} = u \Rightarrow v_{к;л}(T_1) = 0$.

$$v_{к;л} + a_2 T_1 = 0 \qquad v_{к;л} - gT_1 = 0 \qquad T_1 = \frac{v_{к;л}}{g}$$

$$T_1 = \frac{5}{10} = 0{,}5 \text{ с}$$

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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

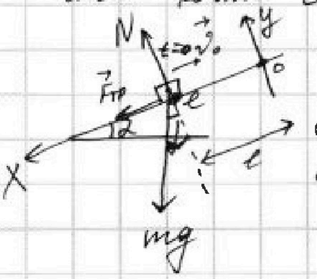
№2.

Дано:
$\sin\alpha = 0{,}6$
$v_0 = 6\ \frac{м}{с}$
$\mu = 0{,}5$
$T = 1с$

$S - ?$

Решение:

Рассчитаю, сколько времени потребуется, чтобы коробка доехала до высшей точки своей траектории:



$$oy: \begin{cases} N - mg\cos\alpha = 0 \\ oX: F_{тр} + mg\sin\alpha = ma \\ F_{тр} = \mu N \\ x(t) = l - v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v_x(t) = -v_0 + at \end{cases}$$

Пусть от ~~начала~~ точки старта коробки до высшей точки расстояние l.

$$\begin{cases} N = mg\cos\alpha \\ F_{тр} = \mu mg\cos\alpha \\ \mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha = ma \\ x(t) = l - v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v_x(t) = -v_0 + at \end{cases}$$

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

В момент времени t_1:

$$\begin{cases} v_x(t_1) = 0 \\ x(t_1) = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} -v_0 + at_1 = 0 \\ l - v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} = 0 \end{cases}$$

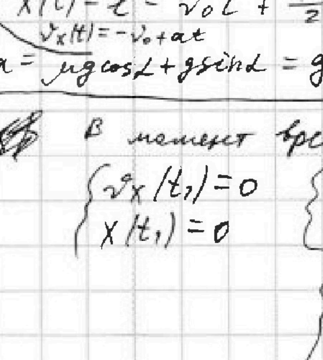
$$\begin{cases} t_1 = \frac{v_0}{a} \\ l - v_0\frac{v_0}{a} + \frac{a}{2}\cdot\frac{v_0^2}{a^2} = 0 \end{cases} \qquad t_1 = \frac{v_0}{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)}$$

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha} = \sqrt{1 - 0{,}36} = 0{,}8$

$$l - \frac{v_0^2}{a} + \frac{v_0^2}{2a} = 0 \qquad l = \frac{v_0^2}{2a}; \quad \boxed{l = \frac{v_0^2}{2g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)}}$$

$$t_1 = \frac{6}{10(0{,}5\cdot 0{,}8 + 0{,}6)} = \frac{6}{10(0{,}4 + 0{,}6)} = 0{,}6\ с$$

$\Rightarrow$ к моменту времени $T = 1с$ коробка уже успеет ~~под~~ уехать вниз. Проверим, поедет ли коробка вниз после достижения высшей точки:



$$oX: \begin{cases} N = mg\cos\alpha \\ mg\sin\alpha - F_{тр} = ma_1 \\ F_{тр} = \mu N \end{cases} \qquad \begin{cases} F_{тр} = \mu mg\cos\alpha \\ mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = ma_1 \end{cases}$$

$$a_1 = g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha$$

$$a_1 = 10\cdot 0{,}6 - 0{,}5\cdot 10\cdot 0{,}8 = 6 - 5\cdot 0{,}8 = 6 - 4 = 2\ \frac{м}{с^2}$$

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!

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

$$\frac{1}{F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha)} = \frac{1}{F - \mu mg}$$

$$\cancel{F\cos\alpha - \mu mg = F - \mu mg}$$

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

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

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

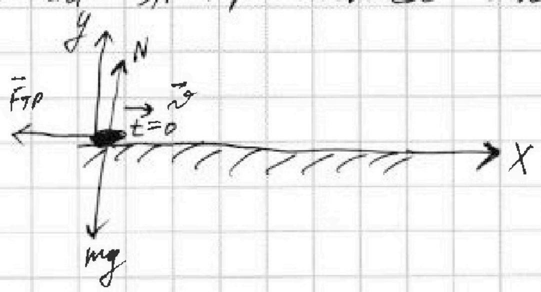
$$\mu\sin\alpha + \cos\alpha = 1$$

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

$$\boxed{\mu = -ctg\alpha}$$

если не учитывать проекции, то $\mu = ctg\alpha$.

31). Торможение санок:



$$\begin{cases} oy: N - mg = 0 \\ F_{тр} = \mu N = \mu mg \\ ox: -F_{тр} = ma \end{cases}$$

$$-\mu mg = ma$$

$$\begin{cases} a = -\mu g \\ x(t) = vt + \frac{at^2}{2} \\ v_x(t) = v + at \end{cases}$$

В момент ~~в~~ остановки t_2 санок:

$$\begin{cases} x(t_2) = S \\ v_x(t_2) = 0 \end{cases}$$

$$v + at_2 = 0$$

$$\begin{cases} t_2 = -\frac{v}{a} \\ vt_2 + \frac{at_2^2}{2} = S \end{cases}$$

$$S = v\cdot\left(-\frac{v}{a}\right) + \frac{a}{2}\frac{v^2}{a^2}$$

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

$$= -\frac{v^2}{2\cdot(-\mu g)} = \frac{v^2}{2\mu g}; \quad \frac{mv^2}{2} = K \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}} \Rightarrow \boxed{S = \frac{2K}{m\cdot 2\mu g} = \frac{K}{\mu mg}}$$

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!

МФТИ

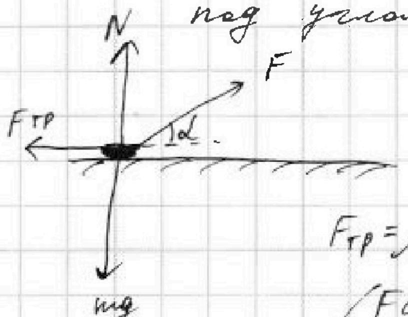
N3.

Дано: $K; \alpha$

$\mu - ?$

Решение:

1). На санки действуют с силой, направленной под углом α к горизонту:



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

$$\begin{cases} F\cos\alpha - F_{тр} = F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha) = m a_1 \\ \frac{a_1 t_1^2}{2} = S_1 \leftarrow \text{участок пути, на котором разгоняют санки.} \\ a_1 t_1 = v \quad \left(v = \sqrt{\frac{K\cdot 2}{m}}\right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_1 = \frac{F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha)}{m} \\ S_1 = \frac{F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha)}{m\cdot 2} t_1^2 \\ v = \frac{F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha)}{m} t_1 \end{cases}$$

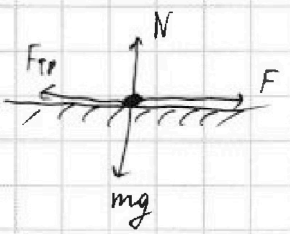
$\cancel{t_1 = \frac{v m}{F\cos\alpha - \mu mg}}$

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

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

2). На санки действ. с горизонт. направл. силой:

$$S_1 = \frac{m v^2}{2(F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha))}$$



$$F_{тр} = \mu mg$$

$$\begin{cases} F - F_{тр} = F - \mu mg = m a_2 \\ \frac{a_2 t_2^2}{2} = S_1 \\ a_2 t_2 = v \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_2 = \frac{F - \mu mg}{m} \\ S_1 = \frac{F - \mu mg}{m\cdot 2} t_2^2 \\ v = \frac{F - \mu mg}{m} t_2 \end{cases} \qquad \begin{cases} t_2 = \frac{m v}{F - \mu mg} \\ S_1 = \frac{F - \mu mg}{2m} \cdot \frac{m^2 v^2}{(F - \mu mg)^2} \end{cases}$$

$$\boxed{S_1 = \frac{m v^2}{2(F - \mu mg)}}$$

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!

МФТИ

$S_3 = \frac{A_{31}}{P_1V_1} = \frac{|-1,5\,\mathrm{ORT_1}|}{P_1V_1} = |-1,5| = 1,5$

площадь под циклом 3-1.

$\cancel{S_2 = \frac{A\,x}{2}\,y}$ $\left\{ S_2 = \frac{x+y}{2}\cdot h;\ x = \frac{P_2}{P_1} = 8 \right.$

$S_3 = h\cdot\frac{1+y}{2}$

$\begin{cases} 4 = \frac{8+y}{2}h \\ 1,5 = \frac{1+y}{2}h \end{cases}$

$\begin{cases} h = \frac{8}{8+y} \\ 1,5 = \frac{1+y}{2}\cdot\frac{8}{8+y} \end{cases}$

$3 = \frac{8+8y}{8+y}$

$24+3y = 8+8y$

$5y = 16$

$y = \frac{16}{5} = 3,2$

$h = \frac{8}{8+3,2} = \frac{8}{11,2} = \frac{80}{112} = \frac{10}{56} = \frac{20}{28} = \frac{5}{7}$

$\begin{cases} \frac{8+y}{2}\cdot h = 4 \\ \frac{h}{2}(1+x-y) = 1,5 \end{cases}$

$\begin{cases} h = \frac{8}{8+y} \\ \frac{4}{8+y}(1+8-y) = 1,5 \end{cases}$

$\frac{4}{8+y}(9-y) = 1,5$

$36-4y = 12+1,5y$

$24 = 5,5y$

$y = \frac{24}{5,5} = \frac{240}{55} = \approx 4,4$

$h = \frac{8}{8+y} = \frac{8}{12,4} = \frac{80}{124} = \frac{40}{62} = \frac{20}{31} \approx \frac{2}{3}$

~~240 | 55~~

$240 : 55 = 4,36$
-220
200
-165
350
-330
200 ...

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!

$$\eta = \frac{A_{1;2} + A_{2;3} + A_{3;1}}{Q_{1;2}}$$

$$7c_1\nu T_1 = \frac{21}{2}\nu R T_1 + A_{1;2}$$

$$-4c_2\nu T_1 = -\frac{3}{2}\nu R\, 4T_1 + A_{2;3}$$

$$A_{3;1} = -\frac{3}{2}\nu R T_1$$

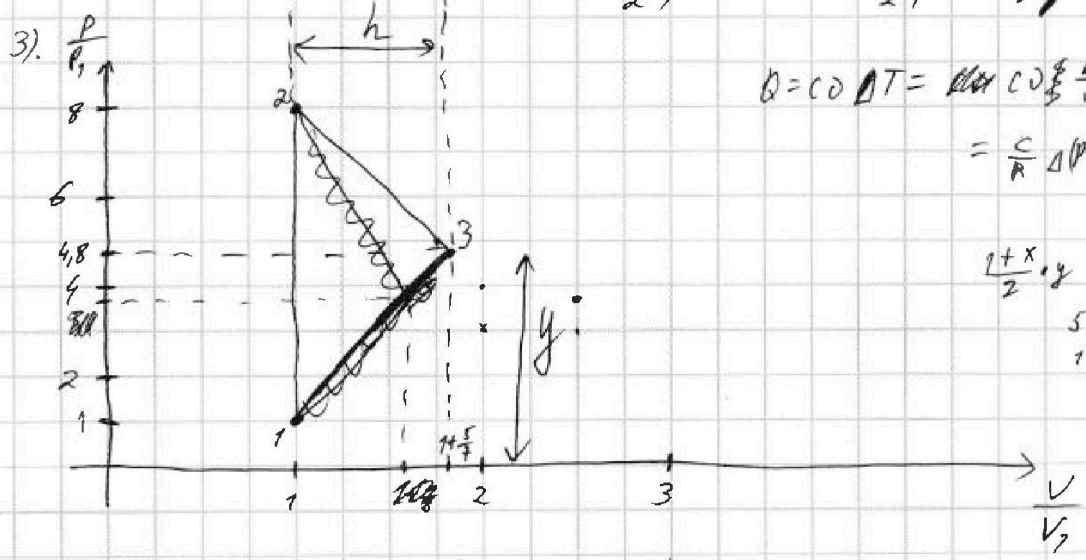
$$Q_{1;2} = 7c_1\nu T_1 = 7\cdot\frac{3}{2}R\nu T_1 = \frac{21}{2}\nu R T_1$$

$$A_{1;2} = \frac{14}{2}\nu T_1\cdot c_1 - \frac{21}{2}\nu R T_1 = \frac{3}{2}R\cdot 7\nu T_1 - \frac{21}{2}\nu R T_1 = \frac{21}{2}\nu R T_1 - \frac{21}{2}\nu R T_1 = 0$$

$$A_{2;3} = -4c_2\nu T_1 + \frac{3\cdot 4}{2}\nu T_1 R = -4\cdot\frac{1}{2}R\nu T_1 + 6\nu R T_1 = -2\nu R T_1 + 6\nu R T_1 = 4\nu R T_1$$

$$\eta = \frac{\left(4\nu R T_1 - \frac{3}{2}\nu R T_1\right)\cdot 2}{\nu R T_1\cdot 21} = \frac{\left(4-\frac{3}{2}\right)\cdot 2}{21} = \frac{8-3}{21} = \frac{5}{21}$$

3).



$$Q = c\nu\Delta T = c\nu\frac{\Delta(PV)}{\nu R} = \frac{c}{R}\Delta(PV)$$

$\frac{1+x}{2}\cdot y$

5 1

1 1,6

$P_1V_1 = \nu R T_1$, т.к. $A_{1;2} = 0$, то $V_2 = V_1$

т.к. $T_2 = 8T_1$, то $P_2V_1 = \nu R\cdot 8\cdot T_1$

$\Downarrow$

$P_2 = 8P_1$

$$\Delta U_{3;1} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - 4T_1) = -\frac{9}{2}\nu R T_1$$

$\cancel{Q = c\nu\Delta T = c\nu\frac{\Delta(PV)}{\nu R} = \frac{c}{R}\Delta(PV)}$

$\cancel{Q_{2;3} = \frac{c}{R}\cdot(P_3V_3 - P_2V_2) = \frac{1}{2}(-4)\nu T_1}$

$$S_2 = \frac{A_{2;3}}{P_1V_1} = \frac{4\nu R T_1}{P_1V_1} = 4$$

площадь под графиком с осями $\frac{P}{P_1}$, $\frac{V}{V_1}$ во время цикла $2\to 3$.

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

$Q = c\,\nu \cdot \Delta T$

№4.

Дано:

$T_1 = 200\,K$

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

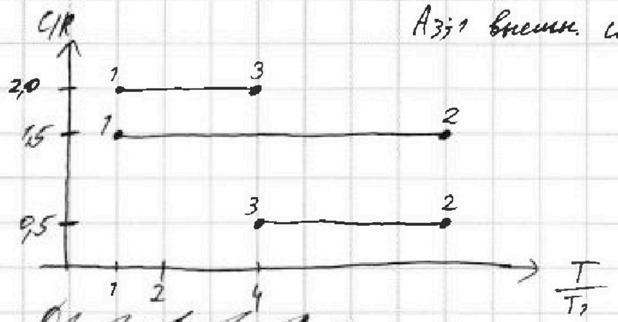
$\nu = 1$ моль

$\eta - ?$

$A_{3;1}$ внешн. сил $- ?$

Решение:

$A_{3;1}$ внешн. сил $- ?$



$\cancel{Q_{1;2} = \Delta U_{1;2} + A_{1;2}}$

$\cancel{Q_{1;2} = 1{,}5 R \nu \cdot (T_2 - T_1)}$

$\cancel{\Delta U_{1;2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}$

$$\begin{cases} Q_{3;1} = \Delta U_{3;1} + A_{3;1} \\ Q_{3;1} = 2R\nu \cdot (T_1 - T_3) \\ \Delta U_{3;1} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) \end{cases}$$

$2R\nu(T_1 - T_3) = \frac{3}{2}\nu R T_1 - \frac{3}{2}\nu R T_3 + A_{3;1}$

$$\begin{cases} \frac{1}{2}\nu R T_1 - \frac{1}{2}\nu R T_3 = A_{3;1} \\ \frac{T_3}{T_1} = 4 \end{cases}$$

$T_3 = 4T_1$

$A_{3;1} = \frac{1}{2}\nu R(T_1 - 4T_1) =$
$= -\frac{1}{2}\nu R \cdot 3T_1 = -\frac{3}{2}\nu R T_1$

$A_{3;1}$ внешних сил $= -A_{3;1} =$
$= \frac{3}{2}\nu R T_1 =$
$= \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8{,}31 \cdot 200 =$
$= 300 \cdot 8{,}31 = \underline{2493\ Дж}$

$$\begin{array}{r} \times\ 8{,}31 \\ 3 \\ \hline 24{,}93 \end{array}$$

2).

$$\begin{cases} \eta = \frac{A_{1;2} + A_{2;3} + A_{3;1}}{Q_{1;2}} \\ Q_{1;2} = \Delta U_{1;2} + A_{1;2} \\ \cancel{Q_{2;3} = \Delta U_{2;3} + A_{2;3}} \\ Q_{1;2} = C_1\nu(T_2 - T_1) = 7C_1\nu T_1 \\ \Delta U_{1;2} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}\nu R \cdot 7T_1 \\ Q_{2;3} = \Delta U_{2;3} + A_{2;3} \\ Q_{2;3} = C_2\nu(T_3 - T_2) = C_2\nu(4T_1 - 8T_1) \\ \Delta U_{2;3} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) = \frac{3}{2}\nu R(4T_1 - 8T_1) = -6\nu R T_1 \\ A_{3;1} = -\frac{3}{2}\nu R T_1 \end{cases}$$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

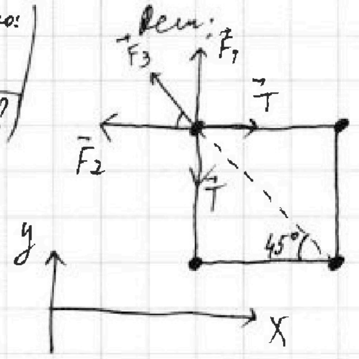
МФТИ

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

3). $d = a\frac{\sqrt{2}}{2}$

N5.

Дано:
$a; T$
$q = |q| = ?$



$$\begin{cases} F_1 = k\dfrac{q^2}{a^2} \\ F_2 = k\dfrac{q^2}{a^2} \\ F_3 = k\dfrac{q^2}{2a^2} \\ OX: \quad T - F_3\cdot\cos 45^\circ - F_2 = 0 \\ Oy: \quad F_1 - T + F_3 \sin 45^\circ = 0 \end{cases}$$

$$\cancel{\begin{cases} T = F_3\cdot\frac{\sqrt2}{2} + F_2 \\ F_1 - F_3\cdot\frac{\sqrt2}{2} - F_2 + F_3\frac{\sqrt2}{2} = 0 \end{cases}}$$

$$\cancel{k\frac{q^2}{a^2} - k\frac{q^2}{2a^2\cdot\sqrt2} - k\frac{q^2}{a^2} + k\frac{q^2}{2a^2\sqrt2} = 0}$$

$$\cancel{T - F_2 = F_3\cos 45^\circ = F_3 \sin 45^\circ}$$

$$\cancel{F_1 - T + T - F_2 = 0}$$

$$F_3\frac{\sqrt2}{2} + F_2 = T$$

$$k\frac{q^2}{2a^2\sqrt2} + \frac{kq^2}{a^2} = T$$

$$k\frac{q^2}{a^2}\left(\frac{1}{2\sqrt2} + 1\right) = T$$

$$k\frac{q^2}{a^2}\cdot\frac{2\sqrt2+1}{2\sqrt2} = T$$

$$q = \sqrt{\frac{2\sqrt2\,Ta^2}{k(2\sqrt2+1)}} =$$

$$= a\sqrt{\frac{2\sqrt2\cdot 4\pi\varepsilon_0 T}{2\sqrt2+1}} =$$

$$= a\sqrt{\frac{25{,}12\cdot\sqrt2\cdot\varepsilon_0 T}{2\sqrt2+1}}$$

$4\cdot 3{,}14 =$
$= 12{,}56\cdot 2 =$
$= 24 + 1{,}12 =$
$= 25{,}12$

2). $W_н = \left(k\frac{q}{2a} + 2k\frac{q}{a}\right)q$

потенциал поля в этой точке

$W_к = \left(k\frac{q}{3a} + k\frac{q}{2a} + k\frac{q}{a}\right)q + K$

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ $\quad W_к = W_н$

(работа T равна нулю, $\vec T \perp$ скорости шарика).

$K + qk\left(\frac{2q+3q+6q}{6a}\right) =$

$= kq\,\frac{q+4q}{2a}$

$K + q\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{11q}{6a} = q\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{5q}{2a}$

$K = \frac{5q^2}{8\pi\varepsilon_0 a} - \frac{11q^2}{24\pi\varepsilon_0 a} = \frac{4q^2}{24\pi\varepsilon_0 a} = \frac{2\sqrt2\,Ta\cdot 4\pi\varepsilon_0(2\sqrt2+1)}{6\pi\varepsilon_0} =$

$= \frac{4\sqrt2\,Ta(2\sqrt2+1)}{3\pi\varepsilon_0}$