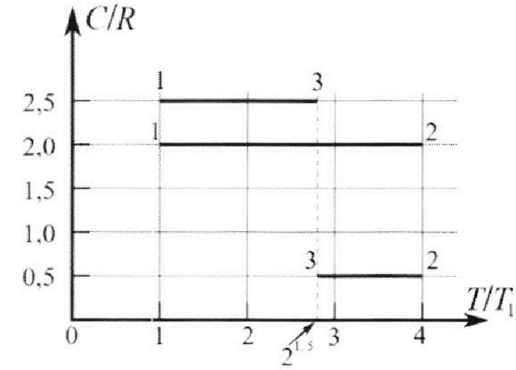
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

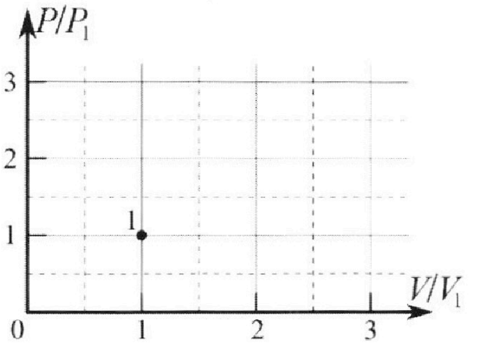
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).



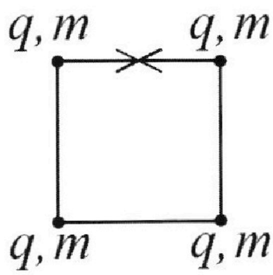
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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 b (см. рис.). Масса каждого шарика m, заряд q.



1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V 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 вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорц иональности в законе Кулона k. Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

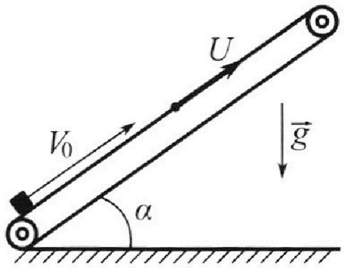
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.
2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения g =10 м/с^2. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление возду ха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin\alpha = 0{,}8$ (см. рис.).



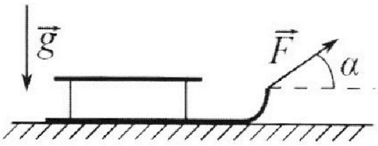
В первом опыте небольшую коробку ставят на *покоящуюся* ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.

1) За какое время T после старта коробка пройдет *в первом опыте* путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, *движущуюся* со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?
3) На какой высоте H, отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? 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 скорости V_0 за одинаковое время.



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 скорости V_0 действие внешней силы прекращается.

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? 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 ☐

МФТИ

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

1) На максимальной высоте скорость шарика равна 0,

а значит

$$0 = gT - V_0 \Rightarrow V_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20\,\frac{м}{с}.$$

2) Заметим, что в системе координат Oxy, уравнение границы простреливаемой области выглядит следующим образом: $y = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2}x^2$.

Тогда подставляя в формулу S вместо x, то получим:

$$H_{max} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} \cdot S^2$$

$$H_{max} = \frac{400}{20} - \frac{10}{800} \cdot 20^2 = 20 - 5 = 15\,м.$$

Ответ: $V_0 = 20\,\frac{м}{с}$; $H_{max} = 15\,м$.

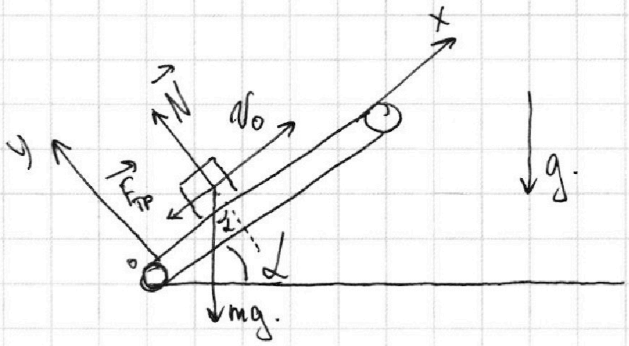
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

$\sin\alpha = 0{,}8$, $V_0 = 4\frac{м}{с}$, $\mu = \frac{1}{3}$



1) Запишем 2 з. Ньютона в проекциях на оси O_x и O_y:

O_x: $-F_{тр} - mg\sin\alpha = ma_1$ (1)

O_y: $mg\cos\alpha = N$ (2)

(2) $\Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$; подставим во (2):

$-\mu mg\cos\alpha - mg\sin\alpha = -ma \Rightarrow a_1 = g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$.

Получим, что сначала $a_1 = g$.

Найдем, сколько он пройдёт до того, как его скорость не станет 0:

$S' = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{16}{20} = 0{,}8$ м, значит ему придется еще скатиться вниз на $S^* = 0{,}2$ м по 2 з. Н.

$(T' = \frac{V_0}{g} = \frac{4}{10} = 0{,}4$ с$)$

В этом случае его ускорение будет равно

$a^* = g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha = 0{,}8g - 0{,}2g = 0{,}6g$ (нач скорость равна 0)

Получим:

$S^* = \frac{0{,}6g(T^*)^2}{2} \Rightarrow T^* = \sqrt{\frac{0{,}2\cdot 2}{0{,}6\cdot 10}} = \sqrt{\frac{4}{6\cdot 10}} = \sqrt{\frac{1}{15}} = \frac{\sqrt{15}}{15}$.

$T = T' + T^* = \frac{2}{5} + \frac{\sqrt{15}}{15} = \frac{6+\sqrt{15}}{15}$.

2) Перейдем в ИСО связанную с лентой, тогда $V_{отн} = V_0 - U = 2\frac{м}{с}$

Заметим, что ускорение также равно $a_1 = g$, тогда найдем, через скольк он остановится в данной ИСО и какое расстояние пройдет: $0 = g\tau - V_{отн} \Rightarrow$

$\Rightarrow \tau = \frac{V_{отн}}{g} = 0{,}2$ с, $L_1' = \frac{V_{отн}^2}{2g} = \frac{4}{2\cdot 10} = 0{,}2$ м, однако т.к. сама лента тоже сдвинулась на $L_1^* = U\cdot\tau = 2\cdot 0{,}2 = 0{,}4$ м, то $L_1 = L_1^* + L_1' = 0{,}4 + 0{,}2 = 0{,}6$ 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 (продолжение)

3) Из п.2) нам известно, что скорость коробки относительно ленты станет равна 0 на расстоянии в $L_1 = 0{,}6$ м. Заметим, что теперь ускорение груза равно $a^* = 0{,}6g$, а его скорость в ЛСО равна U, тогда найдем, через сколько его скорость станет равна 0 в ЛСО: $0 = 0{,}6gT_{ост} - U \Rightarrow T_{ост} = \frac{U}{0{,}6g} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$ с.

Найдем, на сколько он сдвинется от точки на удалении $L_1 = 0{,}6$ м:

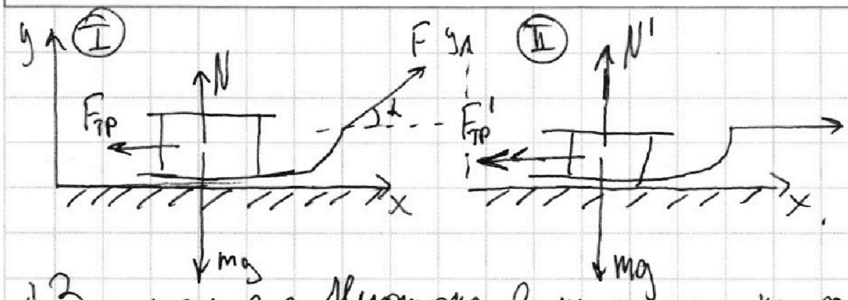
$L_{сдв.} = U\cdot T_{ост} - \frac{0{,}6gT_{ост}}{2} = 2\cdot\frac{1}{3} - 3\cdot\frac{1}{3} = -\frac{1}{3}$ м, тогда его удаление от нач. точки $L_1 + L_{сдв.} = \frac{18}{30} - \frac{10}{30} = \frac{4}{15}$ м., тогда $H = (L_1 + L_{сдв})\cdot\sin\alpha = \frac{4}{15}\cdot\frac{8}{10} = \frac{16}{45}$ м.

Ответ: $T = \frac{6+\sqrt{15}}{2}$, $L = 0{,}6$ м, $H = \frac{16}{45}$ 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!



1) Запишем 2 з. Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy для сл. I и II:

I: Ox: $F\cdot\cos\alpha - F_{тр} = ma_1$ (1)
Oy: $N + F\cdot\sin\alpha = mg$ (2)

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

$ma_1 = F\cos\alpha - \mu(mg - F\sin\alpha)$

$a_1 = \frac{F}{m}(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - \mu g.$

II: Ox: $F - F_{тр}' = ma_2$ (3)
Oy: $N' = mg.$ (4)

(3) $\Rightarrow N' = mg \Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu mg.$

$ma_2 = F - \mu mg.$

$a_2 = \frac{F}{m} - \mu g.$

Если скорости и время – одинаковые, то $a_1 = a_2$

$\frac{F}{m}(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - \mu g = \frac{F}{m} - \mu g.$

$\frac{F}{m}(\cos\alpha + \mu\sin\alpha - 1) = 0.$

$\cos\alpha + \mu\sin\alpha - 1 = 0.$

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

2) После того, как на санки перестанет действовать сила F, то $F_{тр} = \mu N = \mu mg$

Тогда $F_{тр} = ma^* \Rightarrow a^* = \mu g$

$0 = \mu g T - v_0$

$T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g}\cdot\frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha} = \frac{v_0\sin\alpha}{g(1-\cos\alpha)}.$

Ответ: $\mu = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$, $T = \frac{v_0\sin\alpha}{g(1-\cos\alpha)}.$

1) Заметим, что

$$C = C_p + \frac{R}{1+\frac{pdV}{Vdp}}, \text{ т.е. } \frac{C}{R} = \frac{C_p}{R} + \frac{1}{1+\frac{pdV}{Vdp}}$$

Тогда для процесса 1-2:

$$2 = \frac{1}{2} + \frac{1}{1+\frac{pdV}{Vdp}} \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{1}{1+\frac{pdV}{Vdp}} \Rightarrow 3 + 3\frac{pdV}{Vdp} = 2 \Rightarrow \frac{dV}{V} = -\frac{1}{3}\frac{dp}{p} \Rightarrow$$

интегрируем по dV и dp.

$$\Rightarrow -3\frac{dV}{V} = \frac{dp}{p} \Rightarrow -3\ln V = \ln p + const \Rightarrow \ln pV^3 = const \Rightarrow pV^3 = const.$$

3) С другой стороны показатель политропы $n = \frac{C - C_p}{C - C_V} = \frac{\frac{4}{2} - \frac{1}{2}}{\frac{4}{2} - \frac{3}{2}} = 3$,

а значит процесс 1-2 – политропический $\Rightarrow \delta A = 0$, т.е.

газ работы не совершал, а значит $A_{12} = 0$.

Для процесса 2-3:

$$C = C_p \Rightarrow p = const.$$

Для процесса 3-1:

$$\frac{5}{2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{1+\frac{pdV}{Vdp}} \Rightarrow 2 = \frac{1}{1+\frac{pdV}{Vdp}} \Rightarrow 2 + 2\frac{pdV}{Vdp} = 1 \Rightarrow \frac{pdV}{Vdp} = -\frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2\frac{dV}{V} = -\frac{dp}{p} \Rightarrow 2\int\frac{dV}{V} = -\int\frac{dp}{p} \Rightarrow 2\ln V = -\ln p + const \Rightarrow \ln pV^2 = const.$$

$$pV^2 = const.$$

Запишем закон Менделеева-Клапейрона:

$\frac{pV}{T} = \nu R \Rightarrow \frac{pV}{T} = const$, получим:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} = \frac{p_3V_3}{T_3};\ p_1V_1 = \frac{T}{T_2}p_2V_2 \Rightarrow p_2V_2 = \frac{T_2}{T}p_1V_1 \Rightarrow p_2V_2 = 4p_1V_1$$

$p_3V_3 = \frac{T_3}{T}p_1V_1 = 2\sqrt{2}p_1V_1$, также заметим, что $\begin{cases} p_1V_1^3 = p_2V_2^3 & (1) \\ p_2V_2 = 4p_1V_1 \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{4}\frac{V_2}{V_1} & (2) \end{cases}$

$$(1) \Rightarrow \frac{1}{4}\frac{V_2}{V_1}\cdot V_1^3 = V_2^3 \Rightarrow \frac{1}{4}V_1^2 = V_2^2 \Rightarrow V_2 = \frac{V_1}{2} \Rightarrow p_2 = 8p_1.$$

$$\begin{cases} p_2 = p_3 \\ p_3V_3 = 2\sqrt{2}p_1V_1 \end{cases} \Rightarrow p_3 = 8p_1 \Rightarrow 8p_1V_3 = 2\sqrt{2}p_1V_1 \Rightarrow V_3 = \frac{2\sqrt{2}}{8}V_1 = \frac{\sqrt{2}}{4}V_1.$$

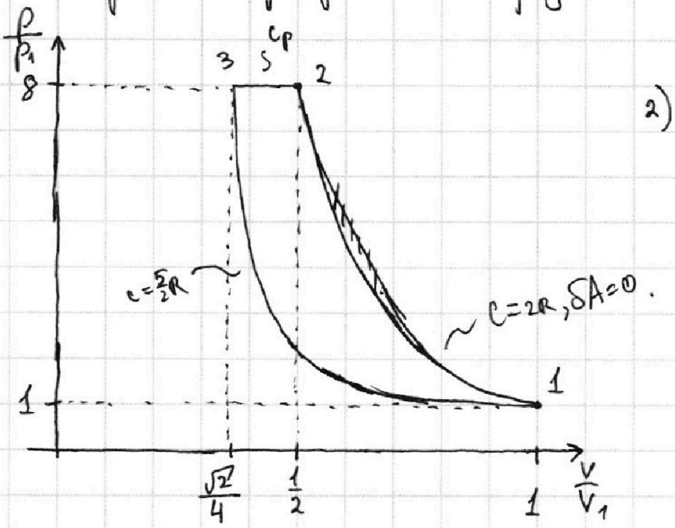
задача 4 (продолжение)

Учитывая, что для 1-2: $pV^3 = const$, а также $p_2 = p_3 = 8p_1$

2-3: $p = const$ $\qquad V_2 = \frac{V_1}{2}$

3-1: $pV^2 = const.$ $\qquad V_3 = \frac{\sqrt{2}V_1}{4}.$

построим график в координатах $\left(\frac{p}{p_1}, \frac{V}{V_1}\right)$.



2) Из первого начала термодинамики:

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

Также заметим, что

$$\eta = \frac{A}{Q} = 1 - \frac{|Q_-|}{Q_+} = \frac{Q_+ + Q_-}{Q_+}$$

Заметим, что Q_+ в нашем случае равно:

$Q_+ = \nu C_{12}(T_2 - T_1) = C_{12}(T_2 - T_1) =$, а $Q_- = C_{23}(T_3 - T_2) + C_{31}(T_1 - T_3)$

$= 2R(4T_1 - T_1)$ $\qquad Q_- = \frac{R}{2}(2\sqrt{2} - 4)T_1 + \frac{5}{2}R(1 - 2\sqrt{2})T_1.$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_-|}{Q_+} = 1 - \frac{\frac{1}{2}(4 - 2\sqrt{2}) + \frac{5}{2}(2\sqrt{2} - 1)}{6} = 1 - \frac{2 - \sqrt{2} + 5\sqrt{2} - \frac{5}{2}}{6} =$$

$$= 1 - \frac{4\sqrt{2} - \frac{1}{2}}{6.} = 1 - \frac{2\sqrt{2}}{3} + \frac{1}{12} = \frac{13}{12} - \frac{2\sqrt{2}}{3} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}.$$

Ответ: $A = 0$, $\eta = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$

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

$\cancel{A_{12} = \nu \cdot C_p (T_2 - T_1) = 2R(4T_1 - T_1) = 6R \cdot T_1 = 6 \cdot 8{,}31 \cdot 400 = 6 \cdot 4 \cdot 831 = 19944.}$

$\frac{Н}{м^2} \cdot м^3$. $Н \cdot м$.

Заметим, что

$$C = C_p + \frac{R}{1+\frac{Vdp}{pdV}} \Rightarrow \frac{C}{R} = \frac{C_p}{R} + \frac{1}{1+\frac{pdV}{Vdp}}$$

Тогда, если $C_{12} = 2R$, то.

$\cancel{2R = \frac{1}{2}R + \frac{R}{1+Vdp}}$

$\frac{1}{3} < \frac{1}{2\sqrt{2}} < \frac{4}{10}$. $2\sqrt{2} \vee 3$.

$\cancel{\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{1}{3}}$

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_V} = \frac{2 - \frac{1}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{1}{2}} = 3.$$

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

$2R \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{1}{1+\frac{pdV}{Vdp}}$

$\delta A = 0.$

$\cancel{\frac{3}{2} = \frac{1}{1+\frac{Vdp}{pdV}}}$

$\cancel{3 + 3\frac{Vdp}{pdV} = 2.}$

$3 + 3\frac{pdV}{Vdp} = 2.$

$\cancel{\frac{Vdp}{pdV} = -\frac{1}{3}.}$

$p \cdot V^3 = const.$

$\frac{pdV}{Vdp} = -\frac{1}{3}.$

$\frac{1{,}4}{4} = \quad < \frac{1{,}6}{4}$

$< 0{,}4.$

$\cancel{\frac{dp}{p} = -\frac{1}{3}\frac{dV}{V}}$

$\cancel{\ln p = -\frac{1}{3}\ln V + c}$

$\frac{dV}{V} = -\frac{1}{3}\frac{dp}{p}$. $\ln V = -\frac{1}{3}\ln p$.

$\Rightarrow \ln V^3 p = c$.

$Q = \Delta U + A$

$\cancel{\ln(p \cdot V^{\frac{1}{3}}) = c.}$

$\cancel{p \cdot V^{\frac{1}{3}} = c \Rightarrow}$ ~~адиабатический~~ $\cancel{\Rightarrow \delta Q = 0.}$

$pV = const.$ $p_1V_1 = pV.$

$C_{23} = C_p \Rightarrow p = const.$

$\frac{p_1V_1}{pV} = 1.$

$$C_{31} = \frac{5}{2}R \Rightarrow \frac{5}{2}R = \frac{1}{2}R + \frac{1}{1+\frac{pdV}{Vdp}} \Rightarrow 2 = \frac{1}{1+\frac{pdV}{Vdp}}$$

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

$\frac{p}{p_1} = \frac{1}{\frac{V_1 V}{V \cdot V_1}}$

$\frac{dp}{p} = -2\frac{dV}{V}$. $pV^2 = const$

$\frac{pdV}{Vdp} = -\frac{1}{2}$.

$\ln p = -2\ln V.$ $\ln(pV^2) = const.$

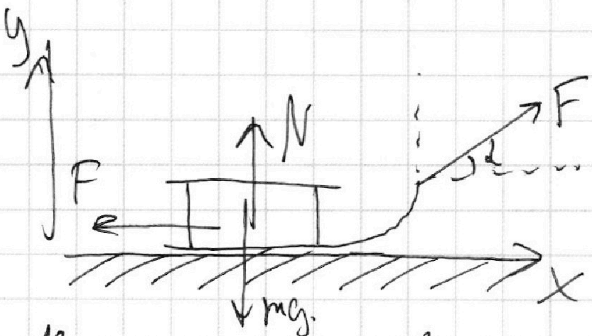
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

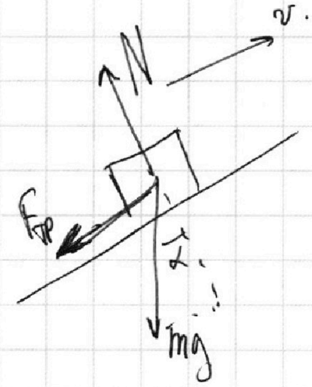
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

МФТИ

3.2 — m (масса санок) — известна.





Найдем a_1 (уск. санок в 1 случае):

Ox: $ma_1 = \cancel{F} \cdot \cos\alpha - F_{тр}$

Oy: $N + F \cdot \sin\alpha = mg$.

$F_{тр} + mg\sin\alpha = ma$.

$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha$.

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

$a = 0{,}6 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10 + 0{,}8 \cdot g =$

$= g$.

Во II a_2:

Ox: $ma_2 = F - F_{тр}$.

$N = mg$.

$C = C_p + \frac{R \cdot Vdp}{Vdp + pdV}$

$C = C_p + \frac{R}{1 + \frac{Vdp}{pdV}}$

$c_p = \frac{5R}{2}$

$c_v = \frac{3R}{2}$

$n = \frac{c - c_p}{c - c_v}$

$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$

$\eta = 1 - \frac{Q_-}{Q_+} = \frac{A}{Q_+}$.

$A = \nu \cdot C(T_2 - T_1)$.

Заметим, что процесс

$C = C_p + \frac{R}{1 + \frac{Vdp}{pdV}}$

Тогда процесс 1-2:

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

$\frac{3}{2} = \frac{1}{1 + \frac{Vdp}{pdV}}$

$3 + \frac{Vdp}{pdV} = -2$.

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

$\int \frac{dp}{p} = -\int \frac{dV}{V}$.

$\ln p = -\ln V + c$.

$\ln pV = c$. $p = \alpha V$.

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

$h = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$ $\eta = 1 - \frac{Q_-}{Q_+} = \frac{A}{Q}$

$t = \frac{v_0}{g}$

$L_{max} = \angle 45° \Rightarrow$ $S = v_0 \cdot t \cdot \cos\alpha$

$0 = v_0 t \sin\alpha - \frac{gt^2}{2}$

$\frac{v_0^2}{2g} - \cancel{\ldots}$

$gt = 2 v_0 \frac{\sqrt{2}}{2}$

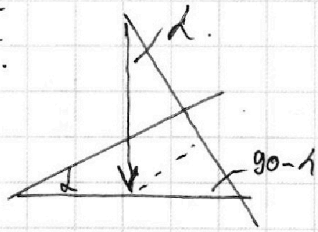
$t = \frac{\sqrt{2} v_0}{g}$ $S = \frac{2v_0^2}{g}$

$\frac{v_0^2}{2g} - \frac{2v_0^2}{g} x \cancel{t \ldots}$

$L_{max} = v_0 \cdot t \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

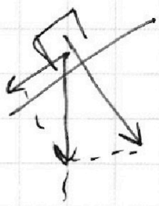
$\frac{v_0^2}{2g} - \frac{2g}{2v_0^2} x = 0$

$0 = v_0 \cdot t \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{gt^2}{2}$



$gt^2 = v_0 t \frac{\sqrt{2}}{2}$

$\frac{v_0^2}{2g} = \frac{g}{2v_0^2} x$



$gt = v_0 \sqrt{2}$

$t = \frac{v_0 \sqrt{2}}{g}$

$\cancel{x = \pm v_0}$

$g \cdot \sin\alpha$

$L_{max} = v_0 \cdot \frac{v_0 \sqrt{2}}{g} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{v_0^2}{g}$ $g\cos\alpha$

$\frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2v_0^2} x$

$\frac{36}{100} = \frac{6}{10} \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{10}$

$(\mu \sin\alpha + 0{,}6) = \frac{1}{3} \cdot 0{,}6 + 0{,}8$

$5 \cdot (0{,}8 - 0{,}2) = 5 \cdot 0{,}6 \cdot 3$

$\cancel{= \left(\frac{1}{3} \cdot 0{,}8 + \frac{8}{10}\right)} =$

$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$

$=$

$5t^2 - 4t + 1 = 0$

$\frac{at^2}{2} + v_0 t - S = 0$

$t^2 - \frac{4}{5} t + \frac{4}{25} + \frac{21}{25} = 0$

$3t^2 - 4t + 1 = 0 \Rightarrow t = 1, \frac{1}{3}$

$\frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 2aS}}{a} = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 10}}{}$

$a = \ldots g \cos\alpha \ldots$