



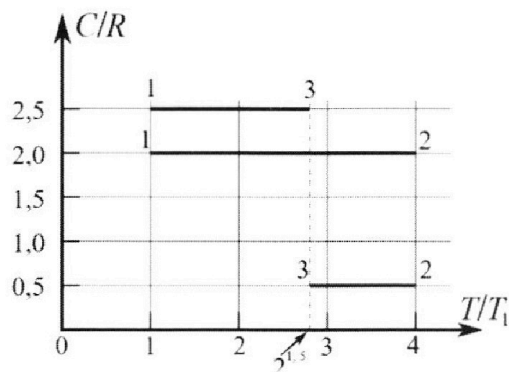
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



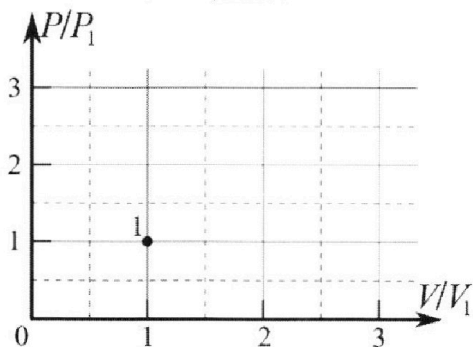
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (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.



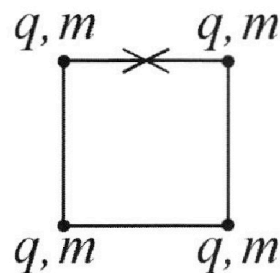
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности 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.

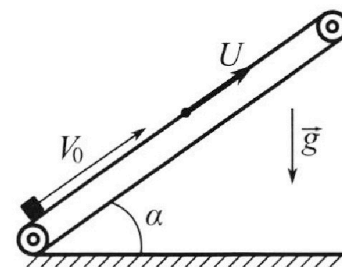
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха 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/с². 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.

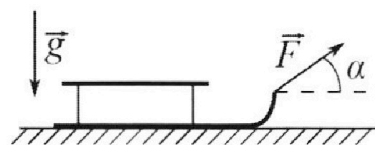
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.

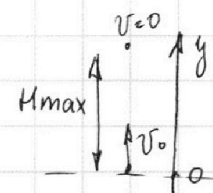
2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



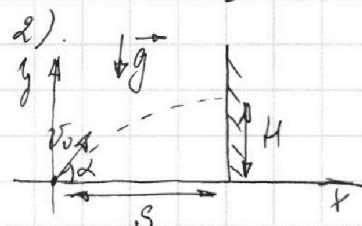
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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



ЗАДАЧА 1

1). $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{g}t$ Оу: $v_y(t) = v_0 - gt$
 На максимальной высоте $v_y = 0$
 $v_y(t) = v_0 - gt = 0 \Rightarrow v_0 = gt$
 $v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \text{ с} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



Искомая высота - H.
 Уравнение движения:
 Оу: $y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$
 Ох: $x(t) = v_0 \cos \alpha t$
 $v_x(t) = v_0 \cos \alpha$

Высота H будет максимальной, если в (1) урара $v_y = 0$. t_A - время полета шарика до урара.

$v_y(t_A) = v_0 \sin \alpha - gt_A = 0 \Rightarrow t_A = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$
 $x(t_A) = S = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$

$y(t_A) = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = H$

$\sin 2\alpha = \frac{2Sg}{v_0^2} \Rightarrow \cos 2\alpha = \sqrt{1 - \frac{2Sg}{v_0^2}}$

$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha \Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}$
 $= \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2Sg}{v_0^2}}}{2}$

$\Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g} \cdot \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2Sg}{v_0^2}}}{2}$

$H = \frac{20 \cdot 20}{2 \cdot 10} \cdot \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 20 \cdot 10}{20 \cdot 20}}}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{20 \cdot 20}{20} = 10 \text{ м}$

ОТВЕТ: $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $H = 10 \text{ м}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

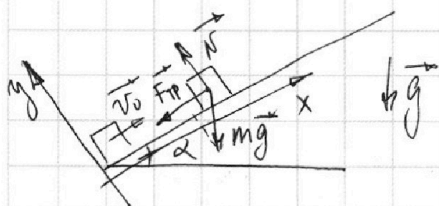
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

ЗАДАЧА 2



$$\sin \alpha = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$v_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \mu = \frac{1}{3} \quad S = 1 \text{ м}$$

Направим Ox вверх вдоль накл.пл-ти, Oy $\perp$ ей, вверх.

$$\text{ИЗН: } \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$$

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

$$Ox: -F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = m a_x$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \Rightarrow m a_x = -\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

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

$$\vec{S}(t) = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \quad Ox: S_x(t) = v_0 t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t^2}{2}$$

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

$$\frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{2} \tau^2 - v_0 \tau + S = 0$$

$$\tau = 2 = v_0^2 - 4 \cdot S \cdot \frac{g}{2} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$\tau = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gS(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$\tau = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 2 \cdot 10 \cdot 1 \cdot (\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5})}}{10(\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5})} = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 20}}{10}$$

$\Delta < 0 \Rightarrow$ коробка остановится и сменит направление движения раньше, чем пройдет путь S и т.д.

Найдем путь S_1 , пройденный до остановки. (t_1 — время движения до остановки)

$$S(t_1) = v_0 t_1 + \frac{a_x t_1^2}{2}$$

$$v(t_1) = v_0 + a_x t_1 = 0 \Leftrightarrow t_1 = \frac{v_0}{-a_x} = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

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!

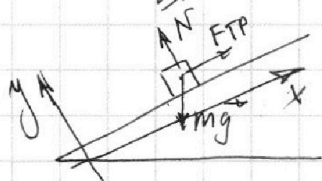


Для удобства представим числа:

$$t_1 = \frac{4}{10 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{4}{5} \right)} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5} \text{ c} \quad (|a_x| = 10 \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right) = 10 \text{ c}^2)$$

$$S(t_1) = 4 \cdot \frac{2}{5} - \frac{10}{2} \cdot \frac{4}{25} = \frac{8}{5} - \frac{4}{5} = \frac{4}{5} \text{ м}$$

→ движение коробки вниз:



FTP имеет свой знак.

$$\text{ИЗН } O_x: FTP - mg \sin \alpha = m a_x$$

$$\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = m a_x (=)$$

$$a_x = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

t_2 - время, за кот. коробка пройдет $\frac{1}{5}$ м вверх.

$$|S_x|(t_2) = \frac{a_x t_2^2}{2} = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t_2^2}{2} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

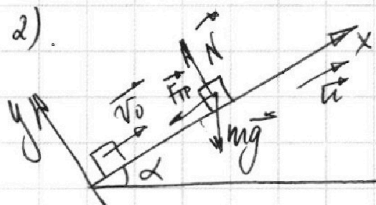
представим числа:

$$\frac{10}{2} \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) t_2^2 = \frac{1}{5} \Leftrightarrow 5 \cdot \frac{2}{5} t_2^2 = \frac{1}{5} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow t_2^2 = \frac{1}{10} \Leftrightarrow t_2 = \sqrt{\frac{1}{10}} \text{ c}$$

$$T = t_1 + t_2 = \left(\frac{2}{5} + \sqrt{\frac{1}{10}} \right) \text{ c}$$

2).



$$u = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad v_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad L = ?$$

По условию v_0 - скорость коробки в ИСО. Перейдем в ИСО

транспорта
 $\vec{v}_0 = \vec{v}_0' + \vec{u} \Leftrightarrow \vec{v}_0' = \vec{v}_0 - \vec{u}$ ($\vec{v}_0'$ - скорость коробки в СО транспорта)

$$O_x: v_0' = v_0 - u = 4 - 2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

на расст. L $|\vec{v}_0'| = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $|\vec{v}_0| = |\vec{u}| \Rightarrow |\vec{v}_0'| = 0$
т.е. в СО трансп. на расст. L от старта коробка останавливается.

$$\text{ИЗН } O_x: -FTP - mg \sin \alpha = m a_x$$

$$O_y: N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow FTP = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow a_x = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = -10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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!



$$v_x(t) = v_0' + a_x t$$

τ - время движения до остановки коробки
с транспортом.

$$v_x(\tau) = v_0' - g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)\tau = 0 \text{ м/с},$$

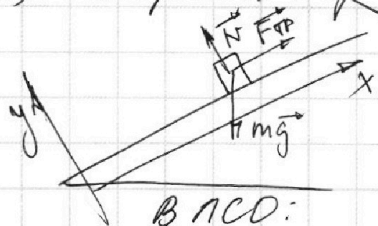
$$\tau = \frac{v_0'}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{1}{5} \text{ с}$$

$$\Delta x(t) = v_0' t + \frac{a_x t^2}{2} = v_0' t - \frac{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) t^2}{2}$$

$$\Delta x(\tau) = \frac{v_0'^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} - \frac{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) v_0'^2}{2 \cdot g^2(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)^2} = \frac{v_0'^2}{4g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

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

3). Скорость кер. в ЛСО = 0 $\Rightarrow \vec{v}_0' = -\vec{u} \Rightarrow v_0'_x = -u_x$



$$v_x(t) = v_0' + a_x t$$

Коробка остановится

В ЛСО:
 $L = \Delta x(\tau) + \Delta r$, где Δr - перемещение отн. транспорта за τ

$$\Delta r = u \cdot \tau = 2 \cdot \frac{1}{5} = \frac{2}{5} \text{ м}$$

$$\Rightarrow L = \frac{1}{5} + \frac{2}{5} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ м}$$

3). Вернемся в СО транспорта:

Если скорость в ЛСО = 0 $\Rightarrow \vec{v}_0' = -\vec{u} \Rightarrow v_0'_x = -u$

($\vec{v}$ - скорость на высоте H)



$\vec{a}$ - ускорение к. при движении отн. трансп.

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!

$$|\vec{a}| = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$\Rightarrow v_x(t) = -g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t$$

$$|v_x|(t') = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t' = u \Leftrightarrow t' = \frac{u}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

t' - время от момента напр. движения до достижения скорости u в СО транспорта.

$$t' = \frac{2}{10(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5})} = \frac{2}{10 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$|\Delta x|(t') = \frac{|\vec{a}| t'^2}{2} = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t'^2}{2}$$

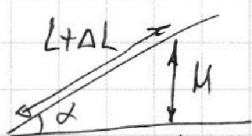
$$|\Delta x|(t') = \frac{10}{2} \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5}\right) \cdot \frac{1}{9} = 5 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{9} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$\Delta r \text{ транспорта за } t': \Delta r = u \cdot t' = 2 \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \text{ м}$$

Т.о. перемещ. к. в ЛСО за t' :

$$|\Delta L| = \Delta r - \Delta x = \frac{1}{3} \text{ м, вверх}$$

$$\text{Т.о. } \frac{u}{L + \Delta L} = \sin \alpha \Leftrightarrow$$



$$u = g \sin \alpha (L + \Delta L)$$

$$u = \frac{4}{5} \left(\frac{3}{5} + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{5} \cdot \frac{9+5}{15} = \frac{4 \cdot 14}{5 \cdot 15} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: 1). } \left(\frac{2}{5} + \sqrt{\frac{1}{15}} \right) \text{ с}$$

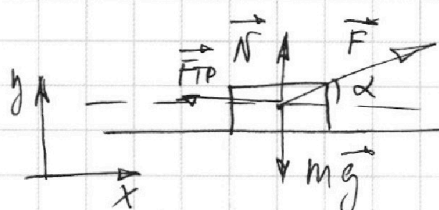
$$2). L = 0,6 \text{ м}$$

$$3). u = \frac{56}{75} \text{ м.}$$

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!

ЗАДАЧА 3



1). > случай 1:

3 силы действуют с ускор. a ,
их разл. за время τ

ИЗН: $\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$,

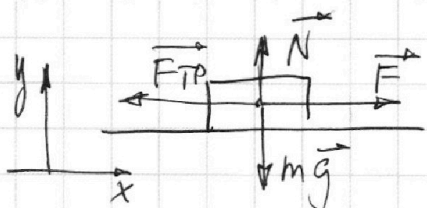
Ox: $F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = m a_{1x}$

Oy: $N + F \sin \alpha - mg = 0 \Leftrightarrow N = mg - F \sin \alpha$

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

$\Rightarrow m a_{1x} = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)$

~~$v_0 = a_{1x} \tau$~~ $v_0 = a_{1x} \tau \Leftrightarrow a_{1x} = \frac{v_0}{\tau}$



> случай 2:

3 ускор. a_2 :

ИЗН: $\vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}_2$

Oy: $N - mg = 0 \Leftrightarrow N = mg \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg$

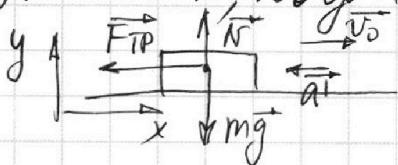
Ox: $F - F_{\text{тр}} = m a_{2x} \Leftrightarrow F - \mu mg = m a_{2x}$

$a_{2x} \tau = v_0 \Rightarrow a_{2x} = \frac{v_0}{\tau} \Rightarrow a_{2x} = a_{1x} = a$

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

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

2). > сл.т. когда на блок не действует сила F:



ИЗН. Ox: $-F_{\text{тр}} = m a'_x$

Oy: $N - mg = 0 \Leftrightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg$

$\Rightarrow -\mu mg = m a'_x \Leftrightarrow a'_x = -\mu g$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

МФТИ

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

$$v_x(t) = v_0 + a_x t = v_0 - \mu g t$$

$$v_x(T) = 0 = v_0 - \mu g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g}$$

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

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

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!



ЗАДАЧА 4

$$V = \text{const}, i = 3$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C \Delta T$$

При изобарном процессе $C = C_p = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} R$

При изохорном процессе $C = C_v = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$

1). И. Н. ТД: $Q = A_{газа} + \Delta U$ $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$$Q_{12} = C_{12} \Delta T_{12} = C_{12} V (T_2 - T_1) = C_{12} V \cdot 3T_1$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R 3T_1$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} V 3T_1 - \frac{3}{2} \nu R 3T_1 = 2R 3T_1 - \frac{3}{2} R 3T_1 =$$

$$= \frac{9}{2} RT_1 - 6RT_1 - \frac{9}{2} RT_1 = \frac{12-9}{2} RT_1 = \frac{3}{2} RT_1$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 400 = 600 \cdot 8,31 = 4986 \text{ Дж}$$

2). $\eta = \frac{A_{газа}}{Q^+}$ ($A_{газа}$ - работа газа за весь цикл), где Q^+ - подводимое кол-во тепла

$$Q = C \Delta T \quad Q_{12} > 0, \quad Q_{23} < 0, \quad Q_{31} < 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q^+ = Q_{12} = C_{12} V 3T_1 = 6 \nu R T_1$$

И. Н. ТД: $Q = A_{газа}$ (т.к. $\Delta U_{1231} = 0$, $T_{конечная} = T_1$)

$$A_{газа} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$$

$$Q_{12} = 6 \nu R T_1$$

$$Q_{23} = C_{23} V \Delta T_{23} = \frac{1}{2} R V (2^{1/5} T_1 - 4 T_1) = \frac{\nu R T_1 (\sqrt[5]{8} - 4)}{2}$$

$$Q_{31} = C_{31} V \Delta T_{31} = \frac{5}{2} R V (-2^{1/5} T_1 + T_1) = \frac{\nu R T_1 (1 - \sqrt[5]{8}) 5}{2}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{6 \nu R T_1 + \frac{\nu R T_1 (\sqrt[5]{8} - 4 + 5 - 5\sqrt[5]{8})}{2}}{6 \nu R T_1} = \frac{6 + \frac{1}{2} (1 - 4\sqrt[5]{8})}{6} \text{ ③}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\Rightarrow 1 + \frac{1 - 4\sqrt{8}}{12} = \frac{13 - 4\sqrt{8}}{12}$$

(проверено)

3) При процессе с пош. теплоемкостью

справедливо ур-е $pV^n = \text{const}$, где $n = \frac{c - c_p}{c - c_v}$

$$1 \rightarrow 2: c = 2R \Rightarrow n = \frac{2 - \frac{5}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = \frac{-\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = -1$$

$$\frac{p}{V} = \text{const}; \quad \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Leftrightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$p_2 V_2 = \nu R \cdot 4T_1 = 4p_1 V_1 \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} = 2$$

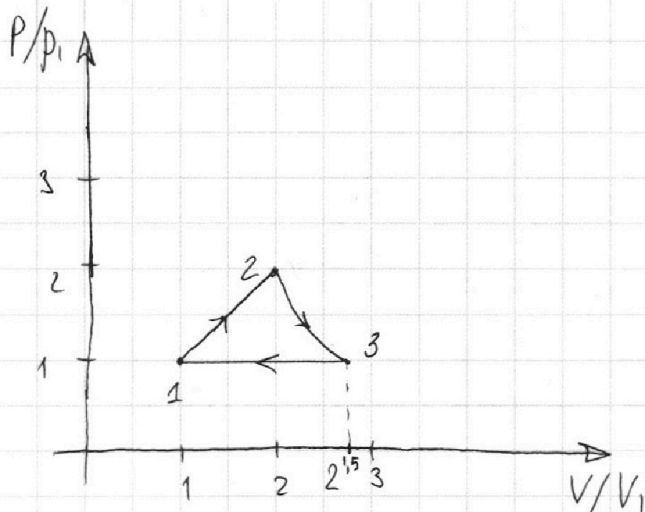
$$2 \rightarrow 3: c = \frac{1}{2}R \Rightarrow n = \frac{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}} = \frac{-\frac{4}{2}}{-\frac{2}{2}} = 2$$

$$p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2 \Leftrightarrow \frac{p_2}{p_3} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^2$$

Заметим, что в процессе $3 \rightarrow 1$ $c = \frac{5}{2} \Rightarrow n = 0 \Rightarrow$

$$p = \text{const} \Rightarrow p_3 = p_1 \Rightarrow \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^2 = \frac{p_2}{p_1} = 2 \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \sqrt{2}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \sqrt{2} \Rightarrow V_3 = \sqrt{2} V_2 = \sqrt{2} \cdot 2V_1 \Rightarrow V_3/V_1 = 2\sqrt{2}$$



Ответ: 1) $A = 4986 \text{ Дж}$

$$2) \eta = \frac{13 - 4\sqrt{8}}{12}$$

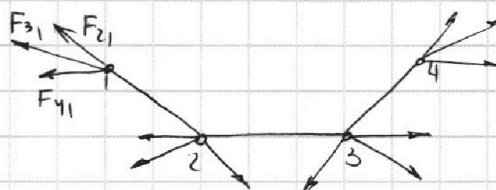
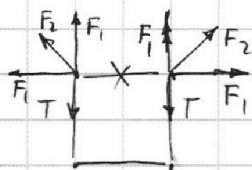
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

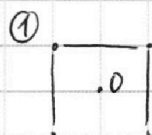
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

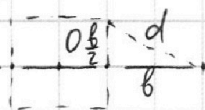
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3).



2)



Внутренние силы

системы не могут применяться при нахождении центра масс системы $\Rightarrow$ в системе

2) у.м. по принципу в.с. 0

из т. Пифагора: $d = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2} b$

Ответ: 1) $T = \frac{kg^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$

3) $d = \frac{\sqrt{5}}{2} b$



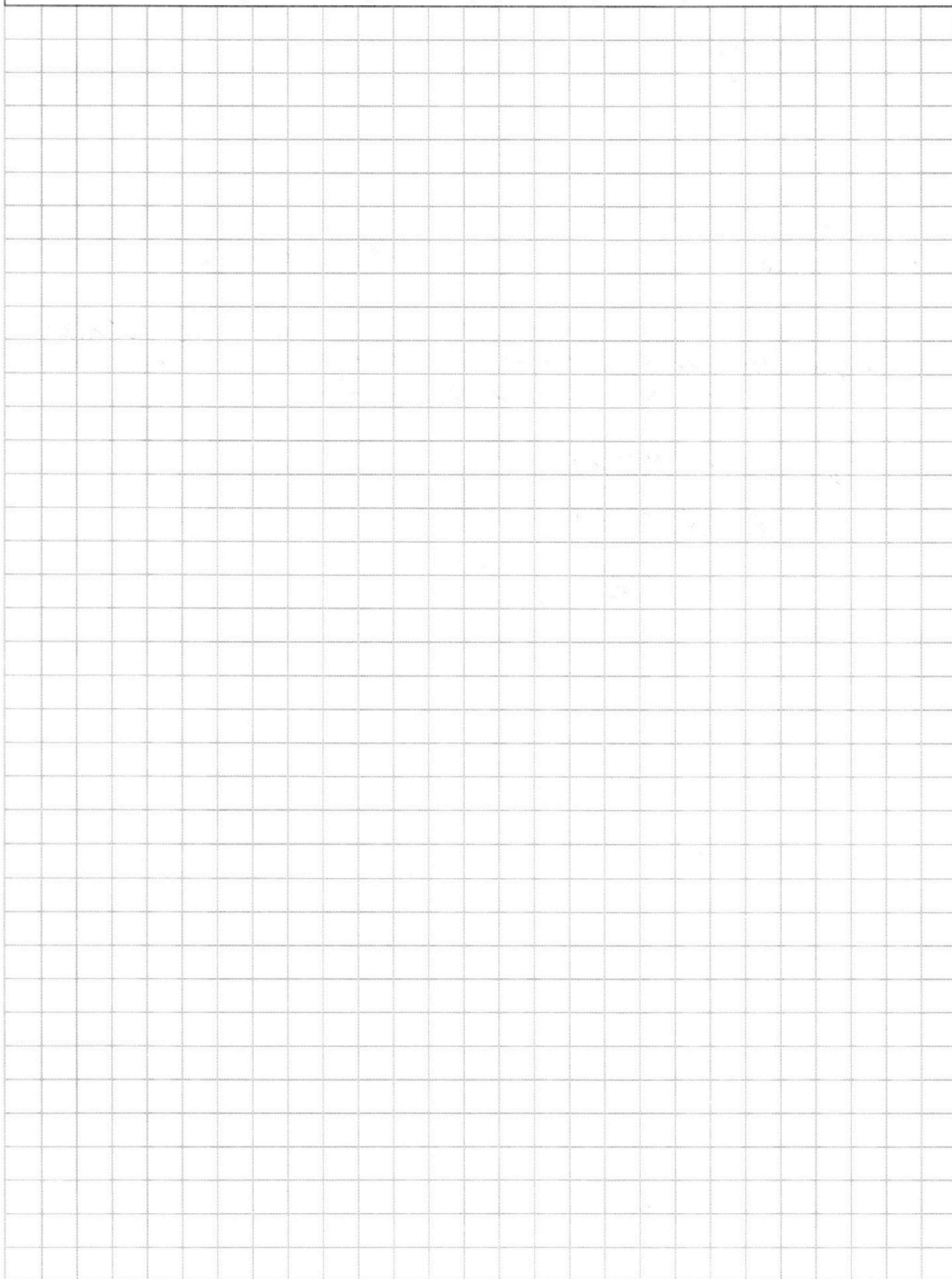
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

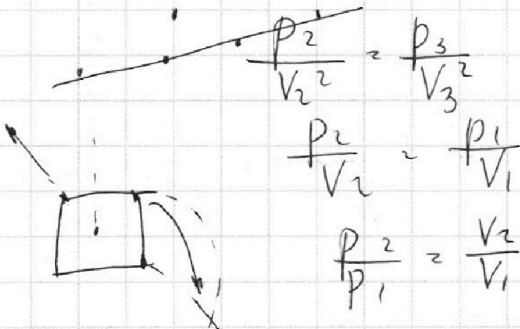
МФТИ

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



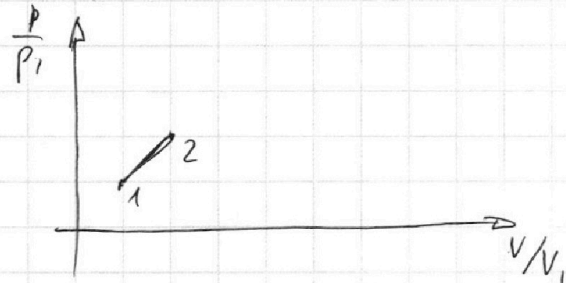
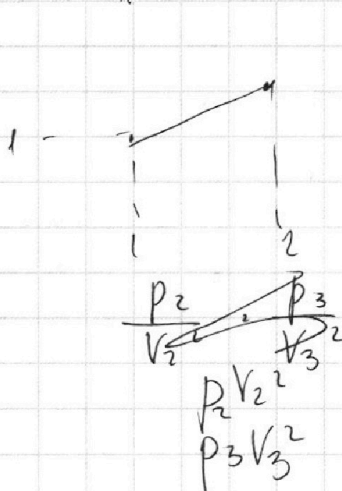
$$\frac{C - C_p}{C - C_v} = - \left(\frac{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}} \right) = \frac{+2}{-1} = -2$$

$$\frac{p}{V^2} = \text{const}$$



$$p_2 = \frac{p_1}{V_1} \cdot \left(\frac{k q^c}{\sigma^2} + \frac{k q^c}{\sqrt{2} \sigma} \right) \frac{3}{2}$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 4 \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} = 2$$



$$\frac{p_2 V_2^2}{p_3 V_3^2} = \frac{4 T_1}{2^{3/2} T_1} = \frac{p_2}{p_1} \left(\frac{V_2^2}{V_3^2} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{2^2}{2^{3/2}} = \frac{4}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\left(\frac{V_2}{V_3} \right)^2 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \quad (2)$$

$$p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2 \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3^2}{V_2^2} = 2 \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \sqrt{2}$$

$$p_2 V_2 = 4 \nu R T_1$$

$$p_3 V_3 = 2\sqrt{2} \nu R T_1$$

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

$$V_3 = \sqrt{2} V_2$$

$$V_3 = \sqrt{2} \cdot 2 V_1$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{2\sqrt{2}}{1}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_1 = \frac{p_2}{\sqrt{2}}$$



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!

$$DRT \neq p \Delta V + \Delta p V = (C - C_v) D T + \Delta T D (C - C_v)$$

$$\begin{aligned} C - C_v \\ C_v + R = C_p \end{aligned}$$

$$p \Delta V + \Delta p V = (C - C_v - R) D T + \Delta T D (C - C_v)$$

$$p \Delta V + \Delta p V = (C - C_p) D T + \Delta T D (C - C_v)$$

$$\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta p}{p} = 1 + \frac{\Delta T (C - C_v)}{T (C - C_p)}$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$$

$$p V_B^n = \text{const}$$

$$n =$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma = \frac{C - C_v}{C_p - C_v}$$

$$p_1 V_1 = D R T_1$$

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

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

$$C = 0$$

$$p V^{\frac{5}{2}} = \text{const}$$

$$p V^{-\frac{3}{5}} = \text{const}$$

$$p_2 V_2 = D R T_2 = 4 D R T_1$$

$$p V \quad n = \frac{-\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{5}{2} - \frac{5}{2}} = n =$$

$$p = \text{const}$$

$$p V = \text{const}$$

$$n_{12} = \frac{2 - \frac{5}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = -\frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = -1$$

$$n = \frac{2 - \frac{3}{2}}{2 - \frac{5}{2}} = \frac{\frac{1}{2}}{-\frac{1}{2}} = -1$$

$$n = -1 \quad C = C_v$$

$$p V^n = \text{const}$$

$$p V^{\frac{-(2-\frac{5}{2})}{2-\frac{3}{2}}} = p V^{\frac{-(-\frac{1}{2})}{\frac{1}{2}}} = p V = \text{const}$$

$$n = -1 \quad \frac{C - C_v}{C - C_p} = 1$$

$$C - C_v = C_p - C_v$$

$$C = \frac{C_p + C_v}{2} = \frac{5+3}{4} R$$

$$\left[\frac{p}{V} = \text{const} \right]$$

$$p \propto V$$

$$p \propto V^2 = D R T$$

$$p_1 V_1 = D R T_1$$

$$4 p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_2 V_2 = p_1 V_1 = 4 D R T_1$$

$$\propto V_2^2 = 4 D R T_1 \quad \Rightarrow \quad V_2^2 = \frac{4 D R T_1}{\propto} = \frac{4 p_1 V_1}{\propto}$$

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!

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

$$v(t) = v_0 + a't = 0 \quad a' = +\mu g \quad T = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$a = -10 \quad 1 = 4t - 5t^2 \quad 5t^2 - 4t + 1 = 0 \quad D = 16 - 20 = -4 < 0$$

$$i = \frac{8}{5} \quad C = 1 \text{ мФ}$$

$$C_V = \frac{i}{2} R \quad C_P = \frac{i+2}{2} R \quad T_1 = 400 \text{ К}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad Q = C \Delta T$$

$$Q = A + \Delta U \quad V = \text{const.} \quad C_V \Delta T = \frac{i}{2} R \Delta T \quad C_P \Delta T = \frac{i+2}{2} R \Delta T \Rightarrow C_P = \frac{i+2}{2} R$$

$$Q = A_{\text{газа}} + \Delta U \quad Q = C_P \Delta T \quad A_{12} \quad \Delta U = \frac{8}{2} R \Delta T$$

$$C_D \text{ и } 3T_1 = A_{12} + \frac{8}{2} R 3T_1 \Rightarrow A_{12} = 0,5 R 3T_1$$

$$Q = A + \Delta U = 0 \Rightarrow Q = A$$

$$\eta = \frac{A_{\text{газа}}}{Q^+}$$

$$Q^+ = Q_{12} = C_D 3T_1$$

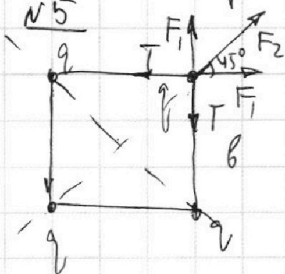
$$\times \begin{array}{r} 8,31 \\ 600 \\ \hline 4986,00 \end{array}$$

$$1 \rightarrow 2: p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad 3 \rightarrow 4: p = \text{const}$$

$$1 \rightarrow 2: p_2 V_2 = \nu R T_2 \quad p_3 = p_1 \quad F_1 = \frac{kq^2}{b^2} \quad F_2 = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$2 \rightarrow 3: p_3 V_3 = \nu R T_3 \quad p_1 V_3 = \nu R T_3$$

$$T = F + \cos 45^\circ F_2 \quad T = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{kq^2}{2b^2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$

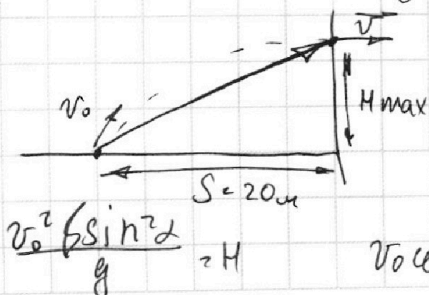


Нить невесомая

внутр. сила не учм. учм!
W_{\text{гравит.}} = W_{\text{кин}} + W_{\text{эл.}}

$$W = \frac{1}{2} \sum \frac{kq^2}{r} = \frac{1}{2} \left(\frac{2kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \right) = \frac{5}{4} \frac{kq^2}{b^2}$$

$$v^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha$$



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

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{v^2}{2} + gH$$

$$v_0 \cos \alpha T = S$$

$$1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \sqrt{2} \cdot 2$$

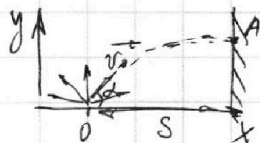
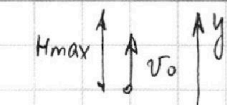
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{g}t$$

$$T_A = 2e \text{ by: } v(t) = v_0 - gt \quad v(T) = 0 \Rightarrow v_0 - gT = 0 \Leftrightarrow$$

$$1) v_0 = gT \Rightarrow v_0 = 10 \cdot 2 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$S = 20 \text{ m}$ Max высота когд (1) A - вершина параболы

$$x(t) = v_0 \cos \alpha t$$

$$y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t_0 y(t) = 0 \Rightarrow v_0 \sin \alpha t = \frac{gt^2}{2} \Leftrightarrow t_0 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_0 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$x(t) = S \quad v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = S \quad \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = S \quad \sin 2\alpha = \frac{gS}{v_0^2}$$

$$y(t) = H \quad v_0 \sin \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \left(\frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \right)^2 = H \Leftrightarrow \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = H$$

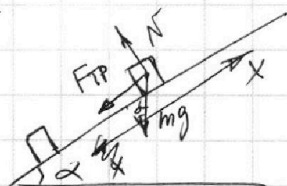
$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha \Rightarrow 2 \sin \alpha \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sin 2\alpha \quad \sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$4 \sin^2 \alpha (1 - \sin^2 \alpha)$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2} \quad \sin^2 2\alpha = \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha$$

$$\cos 2\alpha = \sqrt{1 - 4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha} = \cos^2 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha \quad \sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2} \quad \sin^2 2\alpha = \frac{1 - \cos 4\alpha}{2}$$

N2



$$\sin \alpha = 0.8 = \frac{8}{10} = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$v_0 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \mu = \frac{1}{3}$$

$$S = 1 \text{ m}$$

$$Cv dT = A + \frac{Cv}{2} dV dT$$

$$Cv dT = p dV + Q dT$$

$$ma_x = -mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} \quad Cv(T + dT) = (p + dp)(V + dV)$$

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

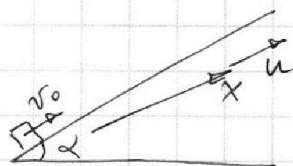
$$ma_x = -mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

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

$$1) S_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$S_x = v_{0x} t - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t^2}{2}$$

2).



перейдем в СО ледяной: L - обтекание

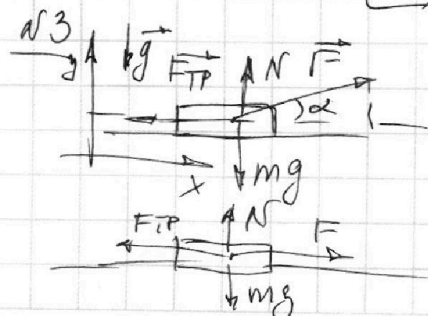
$$v_0' = v_0 - u = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v(t) = v_0' + a_x t = v_0' - at = 0$$

$$t = \frac{v_0'}{a} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$$

$$3) v = 0 \Rightarrow v_0' = -u_x$$

$$v_x(t) = at - v_0' \quad a = \frac{v_0'}{t}$$



$$\text{II 3M: } F_{\text{тр}} + N + F + mg = \bar{a} m$$

$$F \sin \alpha + N = mg \Leftrightarrow N = mg - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = ma$$

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

$$\text{II 3M: } F_{\text{тр}} + N + F + mg = m \bar{a}$$

$$F - \mu mg = ma$$