



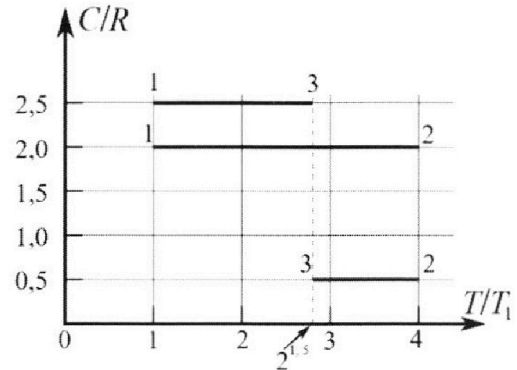
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



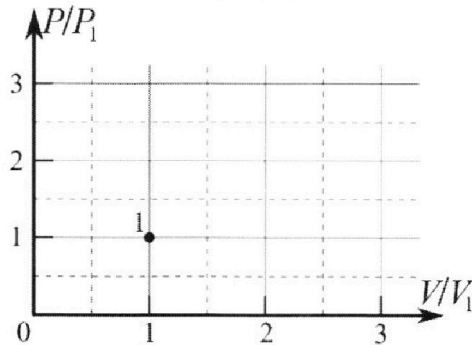
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



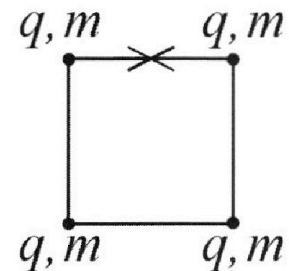
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.

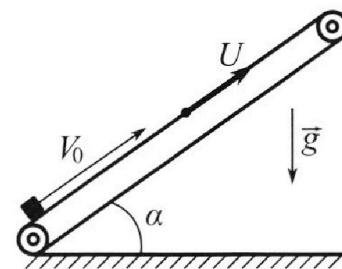
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

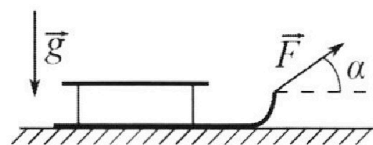
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.



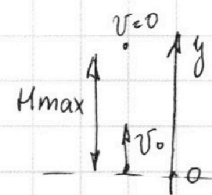
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

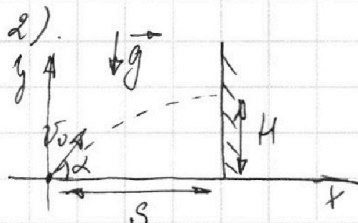
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

Ох: $x(t) = v_0 \cos \alpha t$

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

Высота H будет максимальной, если в (1) ур-е $v_y = 0$. Это время полета шарика до удара.

$$v_y(t_A) = v_0 \sin \alpha - gt_A = 0 \Rightarrow t_A = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$x(t_A) = s = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$$

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

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

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

$$= \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{2Sg}{v_0^2}}}{2}$$

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

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

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:

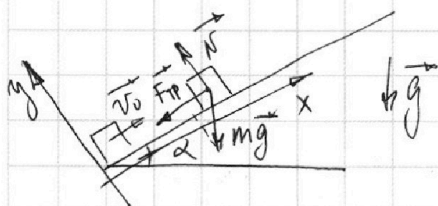
1 2 3 4 5 6 7

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.

$$\text{II ЗН: } \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{TP} = m\vec{a}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\Delta < 0 \Rightarrow$ коробка остановится и изменит направление движения раньше, чем пройдет путь S в 1 м.

Найдем путь S_1 , пройденной до остановки. (t_1 - время движения до остановки)

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

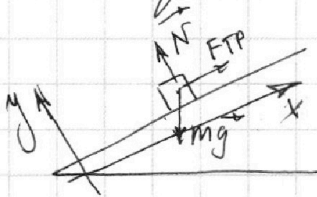
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Для удобства перставим числа:

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

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

Движение коробки вниз:



FTP помещает свой знак.

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

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

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

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

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

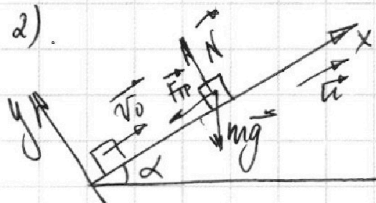
перставим числа:

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

$$(\Rightarrow) t_2^2 = \frac{1}{10 \cdot 5} \quad (\Rightarrow) \quad t_2 = \sqrt{\frac{1}{50}} \text{ c}$$

$$T = t_1 + t_2 = \left(\frac{2}{5} + \sqrt{\frac{1}{50}} \right) \text{ c}$$

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 трансформатора

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_0' + \vec{u} \quad (\Rightarrow) \quad \vec{v}_0' = \vec{v}_0 - \vec{u} \quad (\vec{v}_0' - \text{скорость коробки в СО трансформатора})$$

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

на расст. L $|v_0'| = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $|v_0| = |u| \Rightarrow |v_0'| = 0$
т.е. в СО трансформатора на расст. L от старта коробка останавливается.

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

$$O_y: N - mg \cos \alpha = 0 \quad (\Rightarrow) \quad \text{FTP} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

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

Т - время движения до остановки коробки в СО транспортера.

$$v_x(T) = v_0' - g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)T = 0 \text{ м/с,}$$

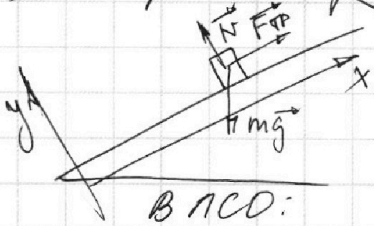
$$T = \frac{v_0'}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{1}{5} \text{ с}$$

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

$$\Delta x(T) = \frac{v_0'^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} - \frac{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) v_0'^2}{2 \cdot g^2 (\sin\alpha + \mu\cos\alpha)^2} = \frac{v_0'^2}{4g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

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

3). Скорость кр. в ЛСО = 0 $\Rightarrow \vec{v}_0' = -\vec{u} \Rightarrow v_{0x}' = -u_x$



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

Коробка остановится

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

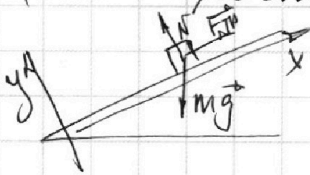
$$\Delta r = u \cdot T = 2 \cdot \frac{1}{5} = \frac{2}{5} \text{ м}$$

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

3). Вернемся в СО транспортера:

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

(v_y' - 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
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



$$|a'| = g(\sin\alpha - \mu \cos\alpha)$$

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

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

t' - время от момента напр. гв. до достижения скорости v' в СО транспорта.

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

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

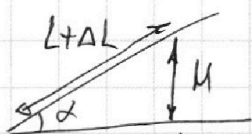
$$|\Delta x|(t') = \frac{10}{2} \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5}\right) \cdot \frac{1}{9} = 5 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{9} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

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

Т.о. перемещ. к. в ЛСО за t' :

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

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



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

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

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

$$2). L = 0,6 \text{ м}$$

$$3). u = \frac{56}{75} \text{ м.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

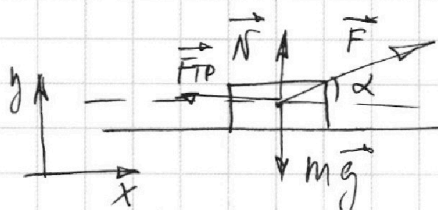
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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 3



1). \rightarrow случай 1:

\exists скорость v_0 в ускор. a_1
 \exists их разн. за время τ

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

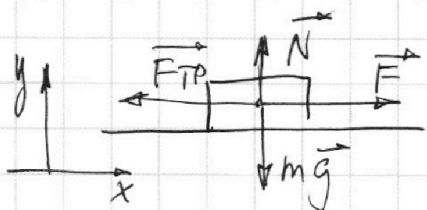
Ox: $F \cos \alpha - F_{TP} = m a_{1x}$

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

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

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

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



\rightarrow случай 2:

\exists ускор. a_2 :

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

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

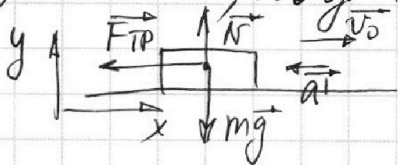
Ox: $F - F_{TP} = m a_{2x} \Leftrightarrow F - \mu mg = m a_{2x}$

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

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

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

2). \rightarrow сл. коор. когда на скорость не дейст. сила F:



ИЗН. Ox: $-F_{TP} = m a'_x$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

 МФТИ

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

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

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

Ответ: 1). $\mu = \frac{v_0}{g T}$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

ЗАДАЧА 4

$\nu = \text{моль}$, $i = 3$

$$C = \frac{Q}{\nu \Delta T} \Leftrightarrow Q = C \nu \Delta T$$

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: $Q = A_{газа} + \Delta U$ $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

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

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

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \nu \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 = 2\nu R \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 =$$
$$= \frac{9}{2} \nu R T_1 - 6 \nu R T_1 = \frac{9 - 12}{2} \nu R T_1 = -\frac{3}{2} \nu R T_1$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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!



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

(покажем)

3) При процессе с пош. теплоемкостью

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

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

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

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

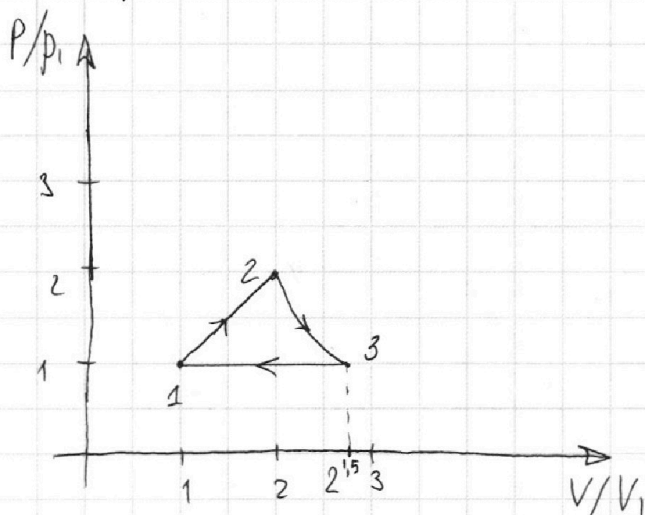
$$2 \rightarrow 3: c = \frac{1}{2}R \Rightarrow n = \frac{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}} = \frac{-\frac{4}{2}}{-\frac{2}{2}} = 2$$

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

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

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

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



Ответ: 1) $A = 4986 \text{ Дж}$

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

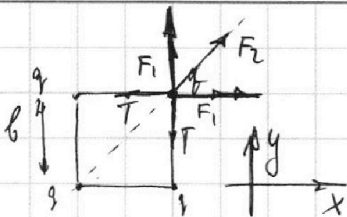
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



ЗАДАЧА 5

На шарик действуют 2 Кулоновские силы F_1 со стороны ближних шариков, Кул. сила F_2 со стороны дальнего шарика и 2 силы натяжения нити T .

1). ИЗН: $F_1 + F_2 \cdot \cos 45^\circ = T$

Ox
 $F_1 = \frac{kq^2}{b^2}$ $F_2 = \frac{kq^2}{2b^2}$

$$T = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$

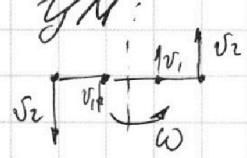
2). Начальная энергия системы шариков:

$$E_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} \right)$$

Конечная энергия системы:

$$E_n = \frac{1}{2} \left(\frac{kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{b} \right) \cdot 2 + \left(\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} \right) \cdot 2 = \frac{kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{3kq^2}{b} = \frac{13}{3} \frac{kq^2}{b}$$

Экин. = кинетическая энергия вращения шариков вокруг ЦМ:



$v_1 = \omega \frac{b}{2}$ $v_2 = \frac{3}{2} b \omega \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{3}$

$$E_{кин} = 2 \cdot \frac{m v_1^2}{2} + 2 \cdot \frac{m v_2^2}{2} =$$

$$= m(v_1^2 + v_2^2) = m(v_{цм}^2 + 9v_1^2) = 10m v_1^2$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} \right) = 10m v_1^2 + \frac{13}{3} \frac{kq^2}{b} \quad (*)$$

$$10m v_1^2 = \frac{1}{2} \frac{kq^2}{b} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2\sqrt{2}} - \frac{13}{3} \right) \quad (**)$$

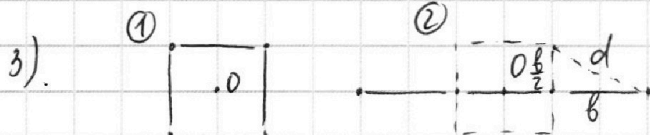
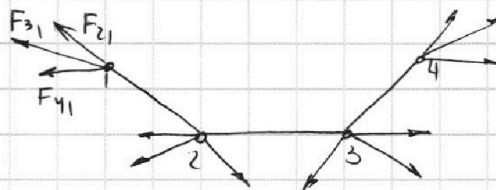
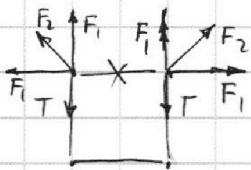
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

 МФТИ

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



Внутренние силы

системы не могут изменить положение центра масс системы \Rightarrow в момент

② у.м. по направлению $v(t) = 0$

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

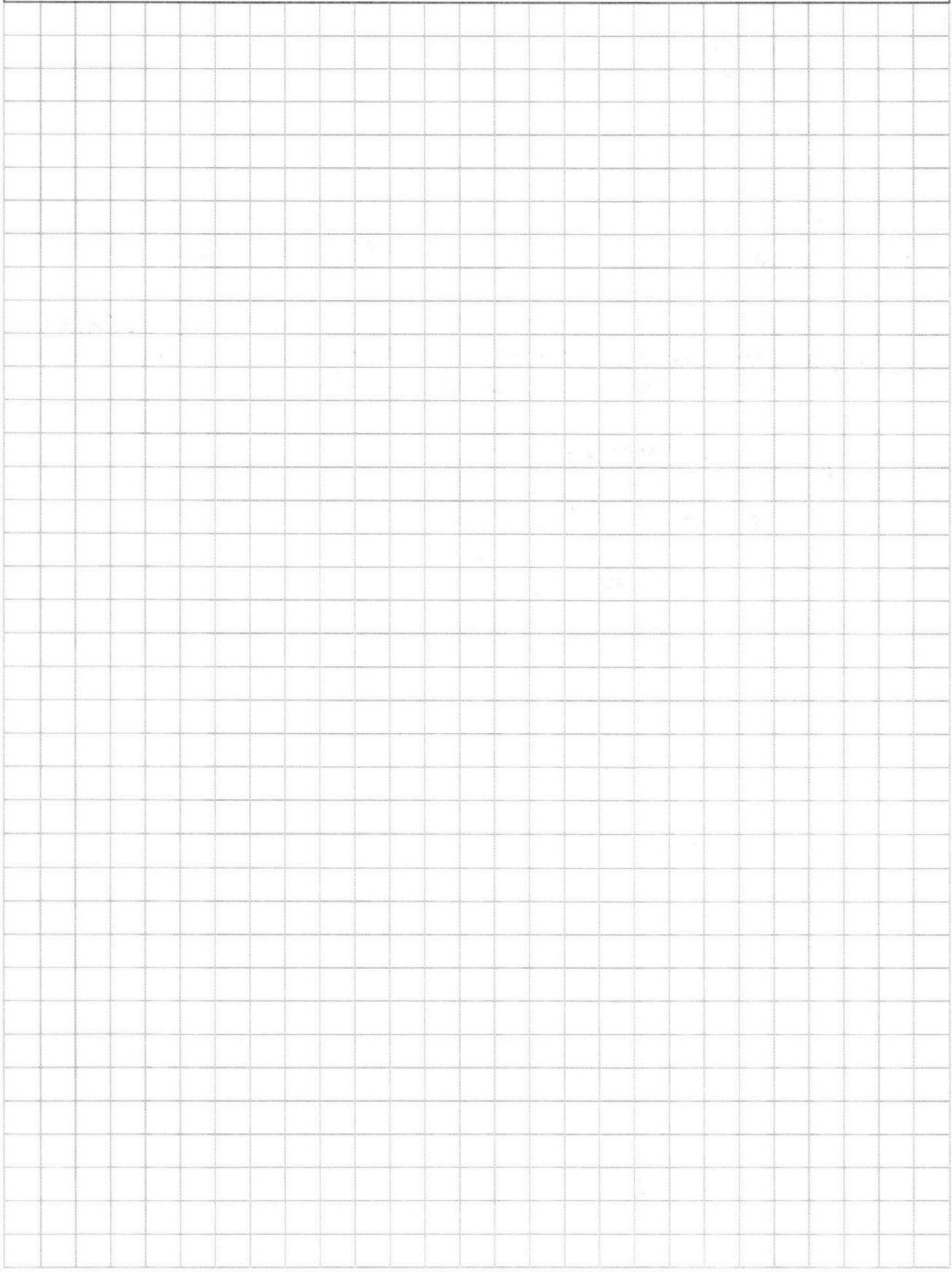


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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:

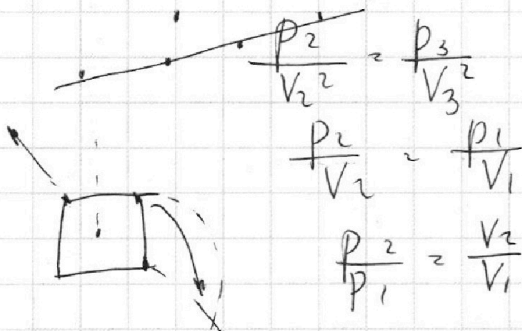
1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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



$$\frac{c - c_p}{c - c_v} = - \left(\frac{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}} \right) = \frac{+2}{-1} = -2$$



$$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_3}{V_3}$$

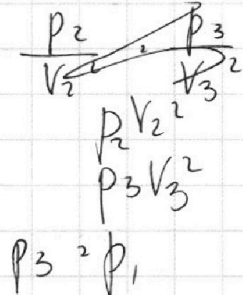
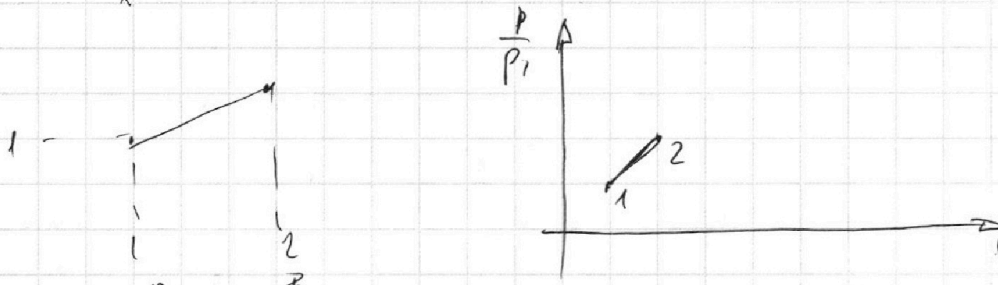
$$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

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

$$p_2 = \frac{p_1}{V_1} \left(\frac{kq^c}{\rho^2} + \frac{kq^c}{\sqrt{2}B} \right) \frac{3}{2}$$

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$p_1 V_1 = \dots$$

$$p = \frac{\dots}{\sqrt{2}}$$

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!



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

$$C - C_v$$

$$C_v + R = C_p$$

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

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

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

$$\frac{C_p}{C_v}$$

$$\frac{i+2}{i}$$

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

$$pV_B^n = \text{const} \quad n =$$

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

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

$$C = 0$$

$$pV^{\frac{5}{3}} = \text{const}$$

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

$$-\frac{C_v}{-C_p} = -\frac{C_v}{C_p} pV^{\frac{3}{5}} = \text{const}$$

$$p_1 V_1 = DRT_1$$

$$p_2 V_2 = 4DRT_2 = 4DRT_1$$

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

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

$$= \frac{-3}{5}$$

$$p = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

$$\frac{i+2}{i} = \gamma$$

$$pV^{-\gamma} = \text{const}$$

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

$$pV = \text{const}$$

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

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

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

$$C - C_v = C_p - C_v$$

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

$$pV^n = \text{const}$$

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

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

$$p \propto V$$

$$p \propto V^2 \Rightarrow DRT$$

$$p_1 V_1 = DRT_1$$

$$4 p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_2 V_2 = p_1 V_1 = 4DRT_1$$

$$\alpha V_2^2 = 4DRT \quad (\Rightarrow) \quad V_2^2 = \frac{4DRT_1}{\alpha} = \frac{4 p_1 V_1}{\alpha}$$

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!

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

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

$$a' = +\mu g$$

$$a = -10$$

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

$$\Delta = 16 - 20 = -4 < 0$$

$$t_{\text{оср.}} = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$$

$$4 \cdot \frac{2}{5} - 5 \cdot \left(\frac{2}{5}\right)^2 = \frac{8}{5} - \frac{4}{5} = \frac{4}{5}$$

NY $i = \frac{8}{5} \text{ A}$ $\rho = 1 \text{ мОм/м}$

$$C_V = \frac{i}{2} R$$

$$C_P = \frac{i+2}{2} R$$

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

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

$$Q = A + \Delta U \quad \text{в } V = \text{const: } C_V \Delta T = \frac{i}{2} R \Delta T \quad \left[C_V = \frac{i}{2} R \right]$$

$$C_P \Delta T = \frac{i+2}{2} R \Delta T \Rightarrow \left[C_P = \frac{i+2}{2} R \right]$$

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

$$2 \text{ " } C_V \Delta T = A_{12} + \frac{8}{2} R \Delta T \Rightarrow \left[A_{12} = 0,5 R \Delta T \right]$$

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

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

$$Q^+ = Q_{12} = C_V \Delta T$$

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

$$1 \rightarrow 2: p_1 V_1 = \nu R T_1$$

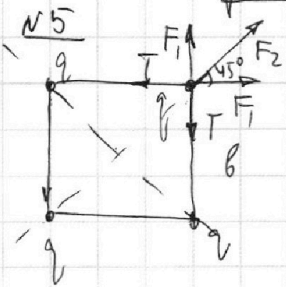
$$3 \rightarrow 4: p = \text{const}$$

$$2 \rightarrow 3: p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_3 = p_1$$

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

$$p_1 V_3 = \nu R T_3$$



$$F_1 = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_2 = \frac{kq^2}{2b^2}$$

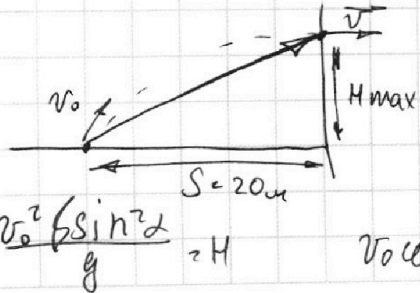
$$T = F + \cos 45^\circ F_2$$

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

Нить не растягивается
внутр. электр. и магн. сил! $W_{\text{электр.}} = W_{\text{кин}} + W_{\text{пот.}}$

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

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



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

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2} + gh \Rightarrow$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = h$$

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

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

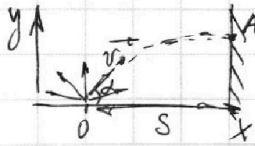
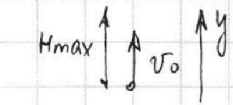
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



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

$$T_{\text{п}} = 2e \text{ ay: } v(t) = v_0 - gt \quad v(T) = 0 \Rightarrow v_0 - gT = 0 \text{ (e)}$$

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

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

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

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

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

$$t_{\text{п}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_y = 0 \quad v_0 \sin \alpha = gt \text{ (e)} \quad t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

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

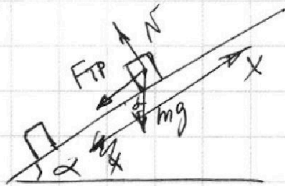
$$y(t) = H \quad \frac{v_0 \sin \alpha \cdot v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} = H \text{ (e)} \quad \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = H$$

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

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

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

N2



$$\sin \alpha = \frac{op}{\text{гип}} = \frac{8}{10} = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{3}{5}$$

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

$$S = 1 \text{ м}$$

$$Cv \Delta T = A + \frac{c}{2} Cv \Delta T \quad \Delta T$$

$$Cv \Delta T = p \Delta V + Q \Delta T$$

$$m a_x = -mg \sin \alpha - F_{TP} \quad Cv(T + \Delta T) = (p + \Delta p)(V + \Delta V) + Cv \Delta T$$

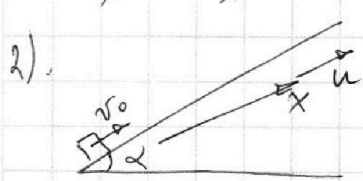
$$F_{TP} = \mu mg \cos \alpha$$

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

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

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

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



перейдем в СО ледяной: L - обфакровка

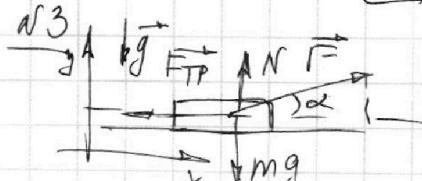
$$v_0' = v_0 - u = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

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

$$3) v = 0 \Rightarrow v_{0x}' = -u_x$$

$$v_x(t) = at - v_{0x}' \quad a = \frac{v_0}{t}$$



$$\text{II 3M: } \vec{F}_{TP} + \vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} = \vec{a}m$$

$$F \sin \alpha + N = mg \text{ (e)} \quad N = mg - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - F_{TP} = ma$$

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

$$\text{II 3M: } \vec{F}_{TP} + \vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} = \vec{m}\vec{a}$$

$$F - \mu mg = ma$$