



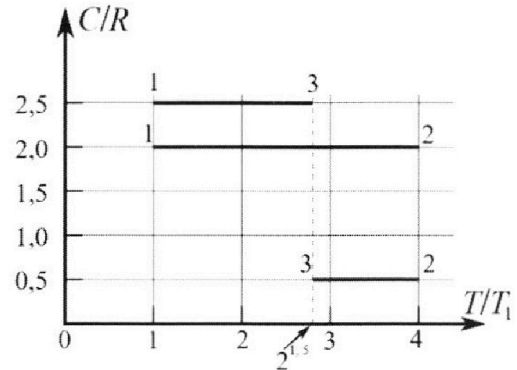
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



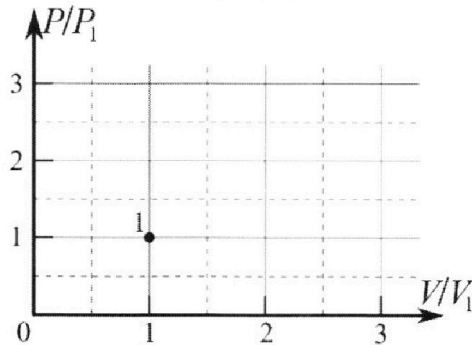
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



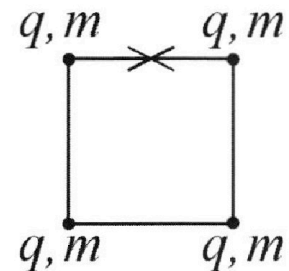
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.

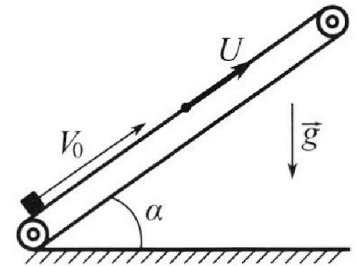
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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 как ом 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<sup>2</sup>. 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.

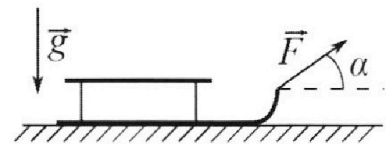
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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  $\mu$  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.



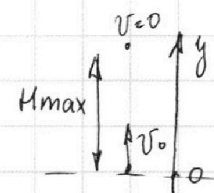
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

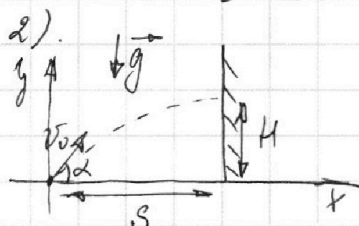
МФТИ

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  $v_y = 0$   
 $v_y(T) = v_0 - gT = 0 \Rightarrow v_0 = gT$   
 $v_0 = 10 \frac{m}{c^2} \cdot 2c = 20 \frac{m}{c}$



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:  $v_0 = 20 \frac{m}{c}$ ;  $H = 10 \text{ м}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

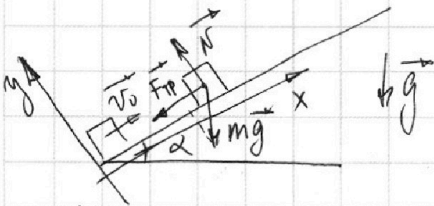
решение которой представлено на странице:



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. ( $\exists t_1$  - 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

МФТИ

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

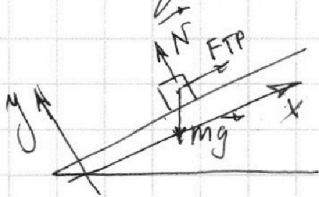


Для удобства перставим числа:

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

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

→ движение коробки вниз:



FTP помещает свой знак.

ИЗМ Ох:  $FTP - mg \sin \alpha = m a_x$

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

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

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

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

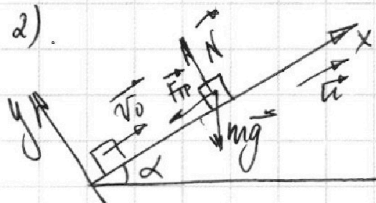
перставим числа:

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

$$\Leftrightarrow t_2^2 = \frac{1}{10 \cdot 5} \Leftrightarrow t_2 = \sqrt{\frac{1}{5}} \text{ c}$$

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

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

$v_0 = v_0' + u \Leftrightarrow v_0' = v_0 - u$  ( $v_0'$  - скорость коробки в СО трансформатора)

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

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

ИЗМ Ох:  $-FTP - mg \sin \alpha = m a_x$

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

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

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!

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

$\tau$  - время движения до остановки коробки в СО транспортера.

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

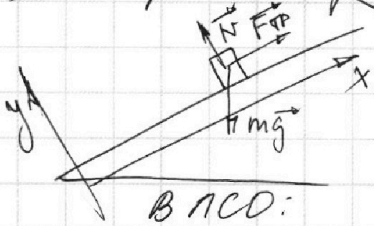
$$\tau = \frac{v_0'}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{1}{5} \text{ с}$$

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

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

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

3). Скорость кор. 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:  $L = \Delta x(\tau) + \Delta r$ , где  $\Delta r$  - перемещение отн. транспортера за  $\tau$

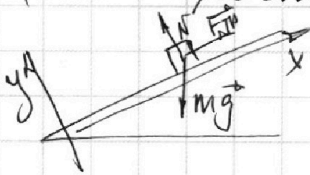
$$\Delta r = u \cdot \tau = 2 \cdot \frac{1}{5} = \frac{2}{5} \text{ м}$$

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

3). Вернемся в СО 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!

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

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

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

$t'$  — время от момента напр. гв. до достижения скорости  $v'$  в СО трансм.

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

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

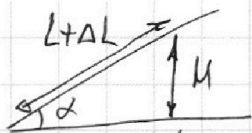
$$|\Delta x|(t') = \frac{10}{2} \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5}\right) \cdot \frac{1}{9} = 5 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{9} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

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

Т.о. перемещ. к. в ЛСО за  $t'$ :

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

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



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

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

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

$$2). L = 0,6 \text{ м}$$

$$3). u = \frac{56}{75} \text{ м.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

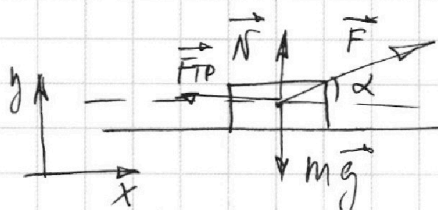
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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 разность за время  $\tau$

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

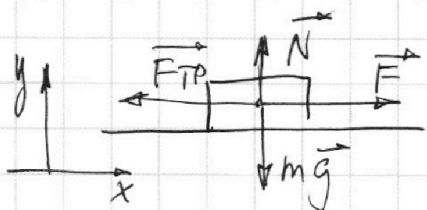
Ox:  $F \cos \alpha - F_{TP} = m a_{1x}$

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

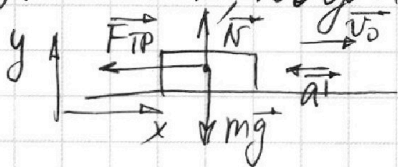
Ox:  $F - F_{TP} = m a_{2x} \Leftrightarrow F - \mu mg = m a_{2x}$

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

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

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

2).  $\rightarrow$  сл.к., 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).  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

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

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

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

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

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

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

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

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

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

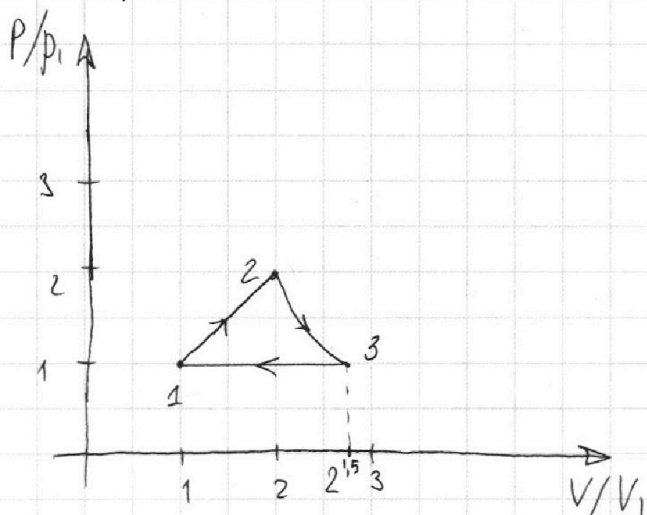
$$2 \rightarrow 3: c = \frac{1}{2}R \Rightarrow n = \frac{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}} = \frac{-\frac{4}{2}}{-\frac{2}{2}} = 2$$

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

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

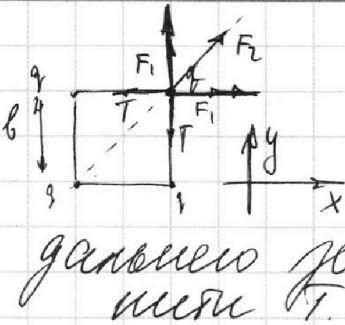
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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:

$E_0 = \frac{4}{2} \left( \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} \right)$

Конечная энергия системы:

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

Экин. = кинетическая энергия вращения шариков вокруг

УМ:

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

$E_{кин} = 2 \cdot \frac{mv_1^2}{2} + 2 \cdot \frac{mv_2^2}{2} =$

$= m(v_1^2 + v_2^2) = m(v_{м1}^2 + 9v_1^2) = 10mv_1^2$

$\frac{4}{2} \left( \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} \right) = 10mv_1^2 + \frac{13}{3} \frac{kq^2}{b} \quad (*)$

$10mv_1^2 = \frac{4}{3} \frac{kq^2}{b} \left( \frac{3}{2} + \frac{1}{2\sqrt{2}} - \frac{13}{3} \right) \quad (**)$

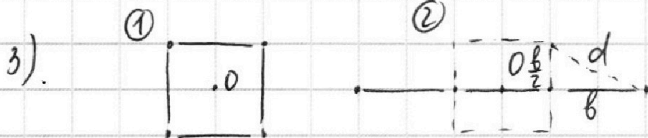
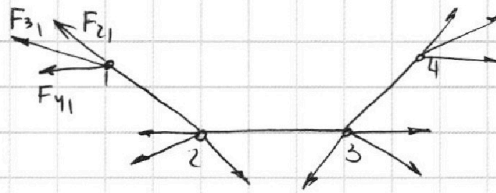
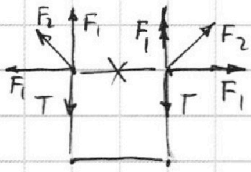
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**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  $\vec{v}(\cdot) = 0$

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

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

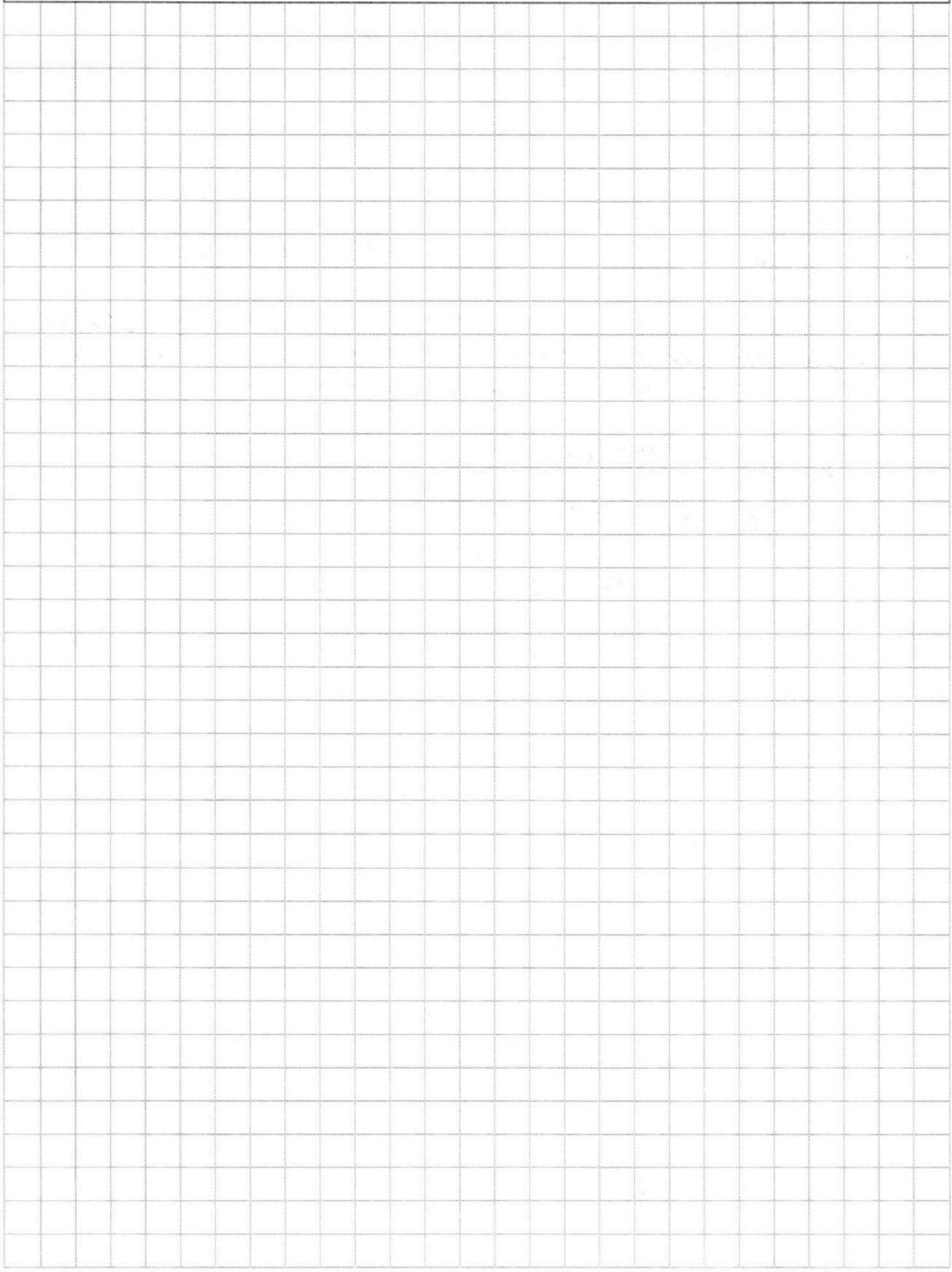
3)  $d = \frac{\sqrt{5}}{2} b$



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

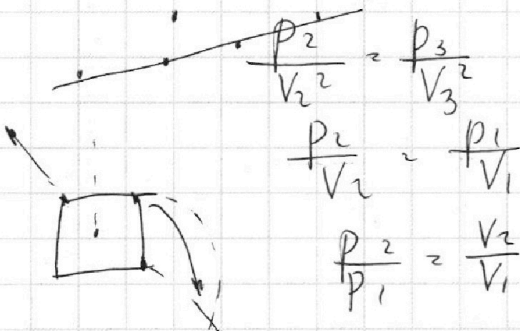


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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



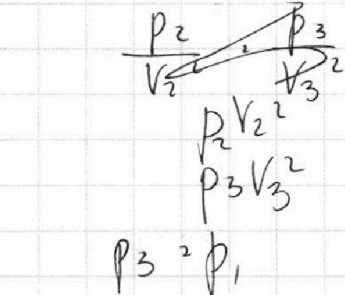
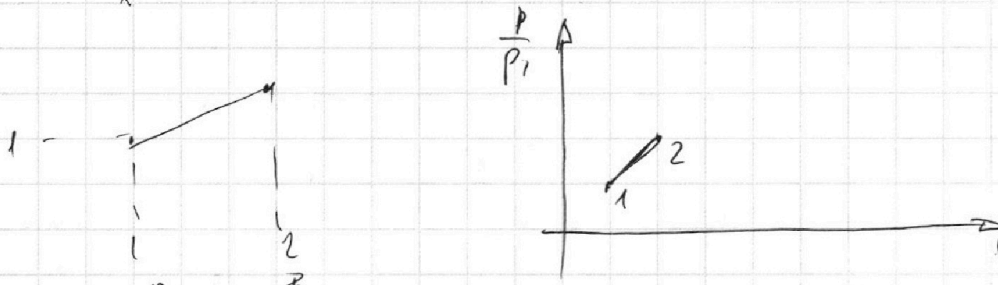
$$\frac{p_2}{V_2^2} = \frac{p_3}{V_3^2}$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$p_1 V_1 = \dots$$

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

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!



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

$$C - C_v$$

$$C_v + R = C_p$$

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

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

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

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

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

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

$$\frac{C}{C_p}$$

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

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

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

$$C = 0$$

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

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

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

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

$$p_1 V_1 = DRT_1$$

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

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

$$p = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

$$\left[ \frac{C - C_p}{C - C_v} \right] =$$

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

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

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

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

$$pV = \text{const}$$

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

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

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

$$C - C_v = C_p - C_v$$

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

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

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

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

$$p \propto V$$

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

$$p_1 V_1 = DRT_1$$

$$4 p_1 V_1 = p_2 V_2$$

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

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



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!

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

$$v(t) = v_0 + a't = 0 \Rightarrow a' = +\mu g$$

$$T = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$a = -10$$

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

$$D = 16 - 20 = -4$$

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

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

NY

$$i = \frac{8}{2} = 4 \text{ A} \quad \rho = 1 \text{ мм}^2$$

$$C_V = \frac{1}{2} R$$

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

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

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

$$Q = A + \Delta U$$

$$V = \text{const.} \quad C_V \Delta T = \frac{1}{2} \nu R \Delta T$$

$$C_V = \frac{1}{2} R$$

$$C_P \Delta T = \nu R \Delta T + \frac{1}{2} \nu R \Delta T = \frac{i+2}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow C_P = \frac{i+2}{2} R$$

$$Q = A_{\text{газа}} + \Delta U$$

$$Q = C_P \Delta T$$

$$A_{12} \quad \Delta U = \frac{8}{2} \nu R \Delta T$$

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

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

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

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

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

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

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$1 \rightarrow 2;$$

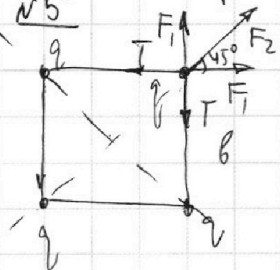
$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

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

$$3 \rightarrow 1: p = \text{const}$$

$$p_3 = p_1$$

$$p_1 V_3 = \nu R T_3$$



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

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

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

$$T = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{kq^2}{2b^2} =$$

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

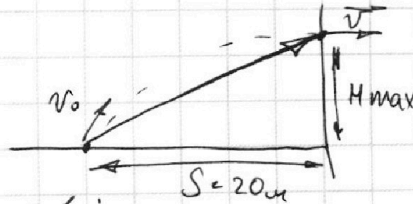
Нить не растягивается

внутр. сила не учит. ум!

$$W_{\text{газ.мог.}} = W_{\text{кин}} + W_{\text{гл.}}$$

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

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



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

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

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

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

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

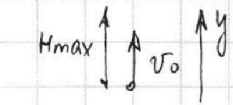
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

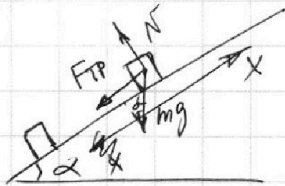
$$y(t) = H \quad \frac{v_0 \sin \alpha \cdot v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} = H \text{ (e)} \quad \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = H$$

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

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

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

N2



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

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

$$S = 1 \text{ м}$$

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

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

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

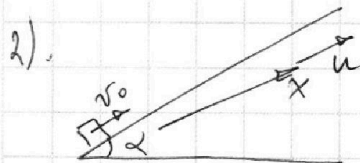
$$F_{TP} = \mu mg \cos \alpha$$

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

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

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

$$S_x = v_{0x} t - \frac{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t^2}{2} \quad pV = p \Delta T \quad pV + p \Delta V + p \Delta V + p \Delta V = (T + \Delta T) V (C - Cv)$$



перейдем в СО ледяной: L - обфакровка

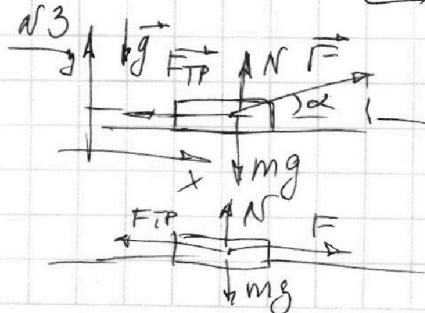
$$v_0' = v_0 - u = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

$$F - \mu mg = ma$$