



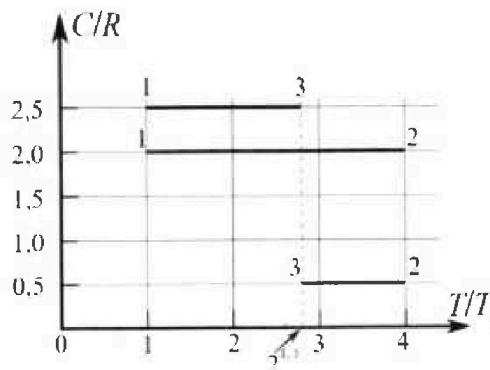
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01



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

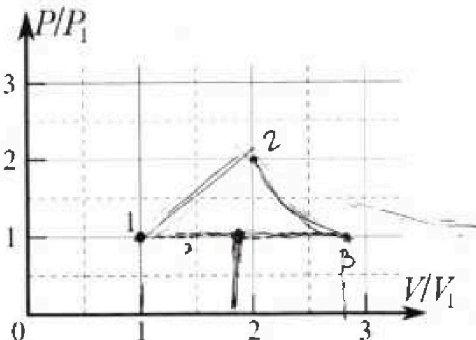
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



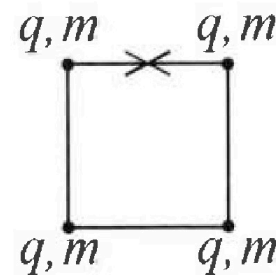
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

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 шарика 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 шарика 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 пр опорциональности 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.

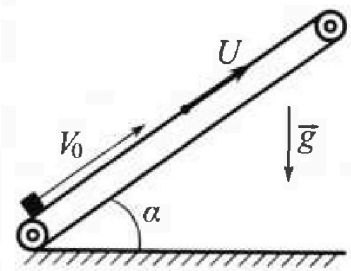
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.

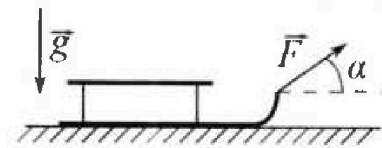
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<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



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

Дано:

$m$

Решение

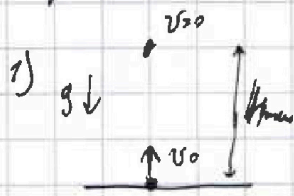
$T = 2 \text{ сек}$

$S = 20 \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$v_0 = ?$

$H = ?$



Мед. пушечка выстрелила вверх, от высоты  $H$  прямоугольного, вверх, с ускорением  $g$ , направл.

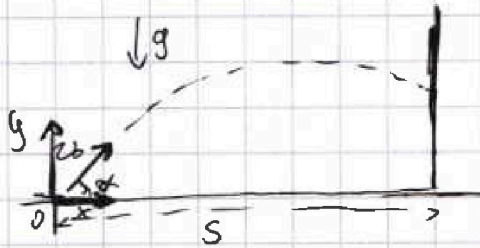
вверх. Максимальная высота  $H_{\text{max}}$  - высота, на которой

она начинает опускаться. Запишем закон сохранения

энергии. В момент взлета:  $v = v_0 - gt$  нулевая скорость

уравнение:  $0 = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = gT \Rightarrow v_0 = 20 \text{ м/с}$

2)



Вектор скорости  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту;

$O_y$  - вертикаль, в момент взлета.  $O_x$  - горизонталь

к стене и перпендикулярна ей. Пусть мед.

пушечка выстрелила под углом  $\alpha$  к горизонту.

Запишем два уравнения от времени:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos(\alpha) t \\ y = v_0 \sin(\alpha) t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad (g \text{ ускорение вниз и вправо})$$

Итак, найдем  $y(x)$ :  $t = \frac{x}{v_0 \cos(\alpha)}$

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

Умножим на  $\cos^2(\alpha)$

$$\Leftrightarrow 4 + \cos^2(\alpha) = \frac{1}{\cos^2(\alpha)}$$

$$y = x \tan(\alpha) - \frac{g x^2}{2 v_0^2} - \frac{g x^2}{2 v_0^2}$$

Высота максимальная в момент взлета  $y$  от  $x = 20 \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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. Печать QR-кода недопустима!

$$y = x \operatorname{tg}(\alpha) - \frac{gx^2}{2v_0^2} - \operatorname{tg}^2(\alpha) \cdot \frac{gx^2}{2v_0^2}$$

мы можем исключить  $v_0$ , считая  $\operatorname{tg}(\alpha)$  параметром.

коэф, зависящие от угла:

$$y = 20 \operatorname{tg}(\alpha) - 5 - \operatorname{tg}^2(\alpha) \cdot 5 \quad (\text{как вычитается в формуле})$$

$$y = -5 \cdot \operatorname{tg}^2(\alpha) + 20 \operatorname{tg}(\alpha) - 5$$

Получаем  $y$  квадратично зависит от  $\operatorname{tg}(\alpha) \Rightarrow$  график

$y$  от  $\operatorname{tg}(\alpha)$  будет являться параболой, вершина которой

направлена вверх.  $\Rightarrow$  т.е. макс высота угла от земли - это

и если найти макс значение  $y$  - оно достигается

в вершине параболы. т.е. при  $\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{-b}{2a} = 2$ .

(т.е. угол  $\alpha$   $\approx 63^\circ$  была направлена, вершина параболы).

( $\operatorname{tg}(\alpha)$  можно по формуле найти вершину параболы:

$$y = ax^2 + bx + c \Rightarrow \text{т.е. } x_0 \text{ верш. параболы } x_0 = \frac{-b}{2a}. \text{ В нашем случае}$$

$$\text{куда } x \text{ равно } \operatorname{tg}(\alpha), a = -5; b = 20; c = -5$$

$$\text{т.е. Подставив в } y \text{ получаем } y = -5 \cdot 2^2 + 20 \cdot 2 - 5 = 15 \text{ м.}$$

Максимальная высота от земли  $y$  от земли 15 м.

$$\text{Ответ: 1) } v_0 = 20 \text{ м/с 2) } 15 \text{ м}$$



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!

Дано:

$$\sin(\alpha) = 0,8$$

$$v_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$S = 1 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$u = 2 \text{ м/с}$$

L - ?

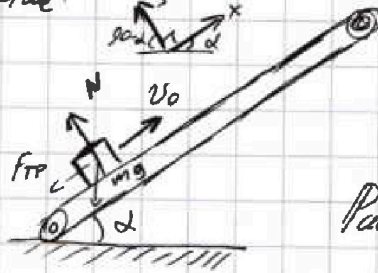
H - ?

T - ?

Сл

Решение

1)



M - масса тела

$$\cos(\alpha) = \sqrt{1 - \sin^2(\alpha)} = 0,6$$

Рассмотрим движение тела

Уд. ускорение тела на данном участке:

На тело действуют силы тяжести, FTP силы =

$$= \mu N.$$

В проекции Ox // направлению движения

Oy  $\perp$  Ox на эти направления

Заменим  $\Sigma$  3.н. (длина: по Oy силы уравновешиваются)

поэтому  $\Sigma$  по Oy равно нулю

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

$$O_x: -F_{TP} - mg \sin(\alpha) = ma$$

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

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

Полностью, чтобы найти путь пройденный до полной остановки:

$$S_1 = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow S_1 = \frac{0 - v_0^2}{-2g(\sin(\alpha) + \mu \cos(\alpha))} = \frac{16}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ метра.}$$

$\Rightarrow$  т.е. тело пройдет путь 0,8 м.

Ответ

Длина участка 90 м

$$\text{За } T_1 = \frac{250}{-a}$$

$$= 0,4 \text{ сек}$$

т.е. тело будет двигаться 0,4 сек

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

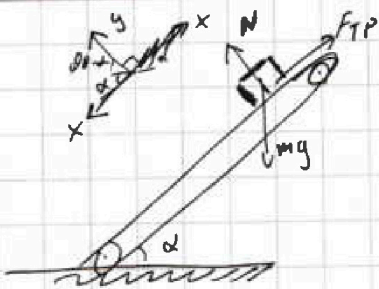
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



Нужно найти ось  $O_x$  в направлении  $z$

Скорость  $v = 3 \text{ м/с}$

$$O_y: N - mg \cos(\alpha) = 0 \quad (\text{на горизонте})$$

$$mg \sin(\alpha) - F_{TP} = ma_2$$

$$|F_{TP}| \text{ Т.к. } \mu < F_{TP} \text{ некая } \Rightarrow mg \sin(\alpha) - F_{TP} = 0 \text{ ; т.к.}$$

$$\text{т.к. не была задана } \Rightarrow mg \sin(\alpha) = F_{TP}. \quad F_{TP} \leq \mu N.$$

$$mg \sin(\alpha) \leq \mu mg \cos(\alpha)$$

$$0,8 \leq 0,2 \rightarrow \text{не выполняется } \Rightarrow \text{Значит тело не остановится}$$

и гладкая плоская FTP используем  $\rightarrow$

$$\begin{cases} N = mg \cos(\alpha) \\ mg \sin(\alpha) - \mu N = ma_2 \end{cases}$$

$$ma_2 = mg \sin(\alpha) - \mu \cos(\alpha) \cdot mg$$

$$a_2 = g(\sin(\alpha) - \mu \cos(\alpha)) = 6 \text{ м/с}^2$$

$S_2$  - путь, который путь нужно пройти.  $S - S_1 = 0,2 \text{ м}$ .

$$\text{Скорость на этом же уровне } T_2: \Rightarrow S_2 = \frac{a_2 T_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{1}{15}} \approx 0,25 \text{ с.}$$

$$T = T_1 + T_2 \quad T_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} \approx \sqrt{\frac{1}{15}} \approx \sqrt{\frac{1}{16}} = 0,25 \text{ с.}$$

$$T = T_1 + T_2 \approx 0,65 \text{ с.}$$

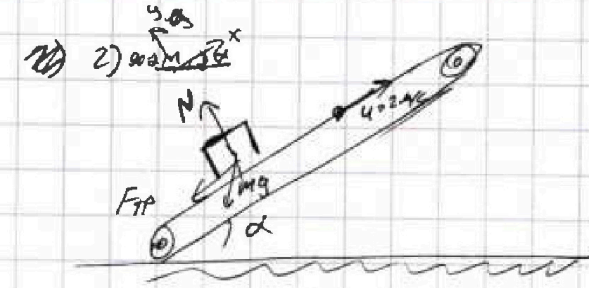
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МОТИ

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



III. Из условия движения

выражаем, где  $F_{тр} = \mu N$ .

За II закон Ньютона (для  $m$  массы)

$$Oy: N - mg \cos(\alpha) = 0$$

$$Ox: mg \sin(\alpha) - F_{тр} = ma_x$$

$$a_x \Rightarrow -g(\sin(\alpha) + \mu \cos(\alpha)) = -\tan^2 \alpha \quad (\mu = \frac{2-4}{10})$$

Скорость тела:  $v = v_0 + a_x t \Rightarrow t = 0,2 \text{ с}$

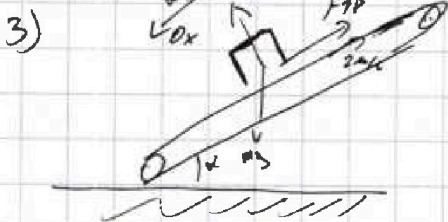
Или за это время:  $L = v_0 t + \frac{a_x t^2}{2} =$

$$= 1,6 - 10 \cdot 0,2^2 = 4 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} =$$

$$= 0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ м.}$$

III. Даны длина бруска  $L$  и его скорость  $v$  при движении, как

отличается от скорости  $v_0$  и его длина  $L = 0,6 \text{ м}$ .



Решим для  $m$  на расходе

$F_{тр} = \mu N$  и  $F_{тр} = \mu mg \cos(\alpha)$  и  $F_{тр} = \mu mg \cos(\alpha)$

в общем случае  $F_{тр} = \mu mg \cos(\alpha)$ ; и  $F_{тр} = \mu mg \cos(\alpha)$

Скорость. Ответ: (Сейчас  $v_0$  и  $L = 0,6 \text{ м}$ )

и. 2 : скорость  $v_0 = 2 \text{ м/с}$  и  $L = 0,6 \text{ м}$

и  $L = 0,6 \text{ м}$  (Сейчас  $v_0$  и  $L = 0,6 \text{ м}$ )

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



$$O_x: \text{Max} = mg \sin(\alpha) - \mu N$$

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

$$\Rightarrow \text{Max} = mg (\sin(\alpha) - \mu \cos(\alpha))$$

$\downarrow$   
 $a_x = 6 \text{ м/с}^2$

в момент когда его длина станет нулю: от ширины

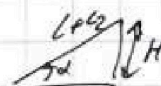
$$\text{еще } L_2 = \frac{0 - v^2}{2a_x} = -\frac{2^2}{2 \cdot 6} = -\frac{1}{3} \text{ м, но длина (и т.д. } O_x$$

нельзя в отрицательную сторону)  $\Rightarrow$  от поверхности  $\frac{1}{3}$  м

$$\frac{1}{3} \text{ м вверх. } \Rightarrow \text{всего } L + L_2 = (0,6 + \frac{1}{3}) \text{ м.}$$

$$\text{но } H \text{ от основания } L \text{ (или } \cos(\alpha) = \frac{H}{L+L_2}) \Rightarrow H = (L+L_2) \cdot \cos(\alpha) =$$

$$= 0,36 + 0,2 = 0,56 \text{ м}$$



$$\text{Ответ: 1) } T \approx 0,65 \text{ с 2) } L = 0,2 \text{ м 3) } H = 0,56 \text{ м}$$

17



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. Портя QR-кода недопустима!

Задача: Условие: Решение:

$v_0$  | *Кубок скатывается по наклонной с силой  $F$ , а масса  $m$ .*

$\alpha$  | *и.е. от угла, но на кубе  $\alpha$  не было*

$g$  | *Сила*

$\mu$ ?

$T$ ?

$F_{TP1} \text{ направлена } = \mu N_m$

$O_x$  - *по направлению*,  $O_y$  - *вертикаль*.

Сумма II з.П. по  $O_x$ :

$$F \cos(\alpha) - F_{TP1} = m a_{x1}$$

по  $O_y$ :

$$F \sin(\alpha) + N_1 - m g = m a_{y1}$$

*и.е. кубик не оторвется от поверхности*

*предположим,  $a_{y1} = 0 \Rightarrow N = m g$ .  $F_{TP1} = \mu N$ , направление силы:*

$$\begin{cases} F \cos(\alpha) - \mu N = m a_{x1} \\ F \sin(\alpha) + N = m g \end{cases} \Rightarrow N = m g - F \sin(\alpha) \Rightarrow$$

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

$$a_{x1} = \frac{F (\cos(\alpha) + \mu \sin(\alpha)) - \mu m g}{m} = \frac{F}{m} (\cos(\alpha) + \mu \sin(\alpha)) - \mu g$$

по второй силе: Аналогично, сумма II з.П. по  $O_y$  на кубик:

$O_x$ :  $F - F_{TP2} = m a_{x2}$

$O_y$ :  $N_2 - m g = m a_{y2}$  *(предположим)*

$a_{y2} = 0 \Rightarrow F_{TP2} = \mu N_2 \Rightarrow$

$$\begin{cases} F - \mu N_2 = m a_{x2} \\ N_2 = m g \end{cases} \Rightarrow F - \mu m g = m a_{x2} \Rightarrow a_{x2} = \frac{F}{m} - \mu g$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

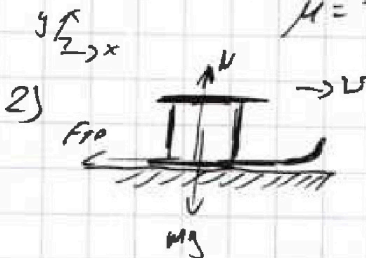


Тело в обоих случаях разлетит из одинаковой точки  
 со скоростью  $v_0$  за одинаковое время, но угловое  
 движение будет разное.  $a_{x1} = a_{x2} \Rightarrow$

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

$$\cos(\alpha) + \mu \sin(\alpha) = 1 \Rightarrow$$

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



М.н. на блоке нуль. Сила тяжести, но

гравитация  $F_{TP}$  направлена,  $= \mu N$ .

Решить относительно  $\mu$ ,  $\mu$  зависит от  $\alpha$  и  $g$ .

$$\begin{cases} N - mg = ma_{yz} & a_{yz} = 0 \Rightarrow N = mg \Rightarrow \end{cases}$$

$$\begin{cases} -F_{TP} = ma_{xz} & a_{xz} = -\mu g. \text{ Знак зависит от } \mu. \end{cases}$$

Скорость при спуске:  $v = v_0 + a_{xz} t \Rightarrow$

$$v \text{ при } t=0: 0 = v_0 - \mu g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} \Rightarrow$$

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

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos(\alpha)}{\sin(\alpha)}$  2)  $T = \frac{v_0}{g} \frac{\sin(\alpha)}{1 - \cos(\alpha)}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Период QR-кода неопределен.



N4

1 моль газа

$\nu = 1$  моль

$T_1 = 400$  К

$A_1 = ?$

Кто и что

узнать

Вопрос: какой у нас процесс с известными начальными  $C_V$  (конечной)  $\Rightarrow$  для 1 моль:  $\Delta Q = \Delta U + \Delta A \Rightarrow$

$$C_V \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V \quad \text{или для 1 моль}$$

$$\text{Уч. М. Максвелл: } PV = \nu RT \Rightarrow$$

$$\Delta T = \Delta \left( \frac{PV}{\nu R} \right) =$$

$$\Leftrightarrow = \frac{\Delta(PV)}{\nu R} = \frac{\Delta PV + P \Delta V}{\nu R}$$

$$\frac{C}{R} (\Delta PV + P \Delta V) = \frac{i}{2} \nu (\Delta PV + P \Delta V) + P \Delta V$$

Заметим, что в изобарическом процессе:  $\Delta P = 0 \Rightarrow$

$$\text{начальная величина (объем } C_P) : \frac{C_P}{R} \cdot P \Delta V = \left( \frac{i}{2} + 1 \right) P \Delta V \Rightarrow$$

$$= C_P = \left( \frac{i}{2} + 1 \right) R \Rightarrow \text{конечная величина температуры}$$

в процессе равна  $\left( \frac{i}{2} + 1 \right) R$ , то он - изобарический.

Вопрос: какой у нас процесс? Если процесс изотермический:  $\Delta U = 0 \Rightarrow$

$$\frac{C}{R} P \Delta V = \frac{i}{2} \nu P \Delta V \Rightarrow C = \frac{i}{2} R \Rightarrow \text{объем } C \text{ в том}$$

процессе за  $C_V$

Объем: какой:

$$\frac{C}{R} \Delta PV + \frac{C_P}{R} P \Delta V = \frac{i}{2} \nu \Delta PV + \frac{i+1}{2} P \Delta V$$

$$\left( \frac{C}{R} - \frac{i}{2} \right) \Delta PV = \left( \frac{i+1}{2} - \frac{C}{R} \right) P \Delta V$$

$$\frac{(C - C_V)}{R} \Delta PV = \frac{(C_P - C)}{R} P \Delta V$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta V}{V} \frac{(C_P - C)}{(C - C_V)} \quad \text{или} \quad \frac{C_P - C}{C - C_V} = k$$

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!

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{\Delta P}{P} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\Delta V}{V} \cdot k$$

Тогда процесс описан из  $P_1 V_1^n$  и  $P_2 V_2^n$ :

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \cdot k$$

$$e^{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} = e^{\ln\left(\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^k\right)}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^k \Rightarrow \text{или } n = -k$$

$$P_2 \cdot V_2^{-k} = P_1 V_1^{-k} \Rightarrow P_2 V_2^n = P_1 V_1^n \Rightarrow PV^n = \text{const в этом процессе.}$$

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

1) И.к. процесс 1-2  $C > 0$  и  $T$  убывает, то в этот раз газ

охлажден  $\Rightarrow$  По II з. пр. гели:  $Q = \Delta U + A_{\text{из}}$

$$C_{1-2} = 2R \Rightarrow Q_{1-2} = \Delta U = \frac{1}{2} \nu R \Delta T + A_{\text{из}}$$

$$A_{1-2} = \nu R \Delta T \left(C_{1-2} - \frac{1}{2}\right)$$

$\Delta T$  найдем:

$$A_{1-2} = 2A$$

$T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}$ :

$$A_{1-2} = 1 \cdot 3 \cdot 400 \cdot R (2 - 1,5)$$

$$4T_1 - T_2 = 3T_2$$

$$A_{1-2} = 3 \cdot 400 \cdot 0,5 \cdot 8,31$$

И.к. газ охладился, то  $i=3$

$$A_{1-2} = 600 \cdot 8,31 = 831,6 = 4986 \text{ Дж}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



$$2) \eta = \frac{A_{23}}{Q_{1-2}}$$

в процессе 1-2  $C > 0$  и  $T_{ушла} \Rightarrow$  тепло передается.

в процессе 2-3  $C > 0$  и  $T_{шла} \Rightarrow$  тепло передается

в процессе 3-1  $C > 0$  и  $T_{шла} \Rightarrow$  тепло передается  $\Delta T = 3T_1$

$$Q_{1-2} = Q_{1-2} \quad Q_{1-2} = C_{1-2} \cdot \Delta T = 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 400 = 8,31 =$$

$$Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + A_{23} = 2 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 8,31 =$$

$$Q_{1-2} = \frac{1}{2} \cdot \Delta T + A_{1-2} \quad 6 \cdot 8,31 \cdot 4 =$$

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 400 + A_{1-2} \quad \Delta T = 3T_1$$

$$= 4986 \cdot 4 = 19944 \text{ Дж.}$$

в процессе 2-3  $\Delta T = (4 - 2^{1,5}) T_1$

$$\Delta Q_{2-3} = (U_3 - U_2) + A_{23}$$

$$\frac{1}{2} A_{23} = (U_3 - U_2) - C_{2-3} \cdot \Delta T$$

$$\frac{1}{2} A_{23} = \frac{1}{2} \Delta T - C_{2-3} \cdot \Delta T$$

$$\frac{1}{2} A_{23} = 1 \cdot R \Delta T (1,5 - 0,5) = R \cdot T_1 (2^{1,5} - 4) \Rightarrow A_{23} = R \cdot T_1 (4 - 2^{1,5})$$

в процессе 3-1  $\Delta T = (1 - 2^{1,5}) T_1$

$$\Delta Q_{3-1} = (U_3 - U_1) + A_{31}$$

$$A_{31} = C_{31} \cdot \Delta T = \frac{1}{2} \Delta T$$

$$A_{3-1} = R \Delta T \left( \frac{C_{31}}{R} - \frac{1}{2} \right) = R (1 - 2^{1,5}) \cdot 2$$

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!



$$A_{2000} = A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-7} =$$

$$= A_{1-2} + RT_1 (2 - 2^{3.5} + 4 - 2^{1.5}) =$$

$52 \approx 34$

$$= A_{1-2} + RT_1 (6 - 2^{3.5} (2 + 4)) = A_{1-2} + 6RT_1 (1 - \sqrt{2}) \approx$$

$$4986 - 6 \cdot 400 \cdot 8,31 \cdot 0,4 \approx 1977,6 \text{ Дж.}$$

$$\eta = \frac{A_{2000}}{Q_1} \approx \frac{1977,6}{19944} \approx 0,1 \quad (10\%)$$

3) Показатель  $\gamma$  для воздуха  $\gamma = 1,4$ . Если  $C = 2,5R$ , то  $\gamma =$   
 $= \left(\frac{1+\gamma}{2}\right)R$ ,  $\Rightarrow C_{3/2} = C_P \Rightarrow$  процесс изобарный.

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

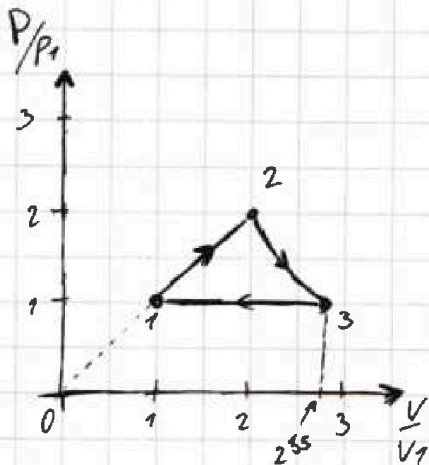
$$P_3 V_3 = \nu R T_3 \Rightarrow (P_3 = P_1)$$

( $P_i, V_i$  - давление и объём в  $i$ -ом состоянии)

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} = 2^{1.5}$$

т.е. процесс изобарный.

процесс изобарный от  $2^{1.5} \frac{V_1}{V_1}$  до  $1 \frac{V_1}{V_1}$



Показатель  $\gamma$  для воздуха  $\gamma = 1,4$ . Если  $C = 2,5R$ , то  $\gamma =$

По первому закону:  $P_1 V_1 = \nu R T_1, P_2 V_2 = \nu R T_2, \Rightarrow$

$$P_2 V_2 = (P_1 V_1) \cdot \frac{T_2}{T_1} = P_1 V_1 \cdot 4.$$

Связь давления, объёма и температуры с показателем  $\gamma$

$$\text{изобарный } \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma \quad \text{где } \gamma = \frac{C_P - C_V}{C_V} =$$

$$= \frac{2,5 - 2}{2 - 1,5} = 2 \Rightarrow$$

$$\begin{cases} \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} \\ P_2 V_2 = P_1 V_1 \cdot 4 \end{cases} \Rightarrow$$

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"/>



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

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{P_2}{P_1} &= \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{4V_1}{V_2} \Rightarrow V_2^2 = 4V_1^2 \Rightarrow V_2 = 2V_1 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2} \Rightarrow \\ \frac{P_2}{P_1} &= \frac{4V_1}{V_2} \end{aligned} \right.$$

⇒ ~~можно~~ соотношение 2:  $\frac{V_2}{V_1} = 2$ ;  $\frac{P_2}{P_1} = 2$ , н.н.

↳ ~~можно~~  $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}$   $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}$  по тем же причинам ~~нельзя~~  $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2^2}{V_1^2}$  ⇒

↳ ~~можно~~ ~~каждому~~ это имеет с координатной осью.

1 и ~~выполнено~~ без учета. (н.н. при без учета ~~нельзя~~  
 $\frac{P}{P_1} = \left(\frac{V}{V_1}\right)^k$   $k=1$ )

Пример 2-3:  $C_p = \text{const} \Rightarrow$  мы имеем  $PV^{\gamma} = \text{const}$ , где

$$\gamma = \frac{C_p - C_v}{C_v} = \frac{2,5 - 0,5}{0,5 - 0,5} = \frac{2}{1} = 2 \Rightarrow PV^2 = \text{const} \Rightarrow$$

⇒  $P \sim V^{-2}$  ⇒ ~~каждому~~ это не имеет с координатной осью 2 в форме 3.

на ~~эти~~ ~~кроссе~~  $PV^2 = P_2 \cdot V_2^2$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

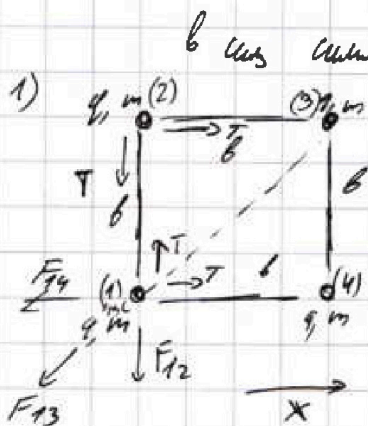
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

b  
m  
q  
T-?  
V-?  
d-?



в цепи сил. реакция в точке 2  
F<sub>13</sub> - сила реакции, действующая на i-ую массу со стороны j-й массы  
и т.д. Пусть ось горизонтальная, но цепь не параллельна.

Замечу, что решение для T-ого участка

на O<sub>x</sub>, исходя с пункта 1.4:  $T = F_{14} + F_{13} \cos(45)$

$$T = k \frac{q^2}{b^2} + \frac{\sqrt{2}}{2} k \frac{q^2}{(\sqrt{2}b)^2} \quad (\text{расстояние между 1 и 3 масса } \sqrt{2}b)$$

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

Вопрос: 3) в цепи сил. реакция, взаимодействие, если

предметом являются силы. Нет взаимодействия

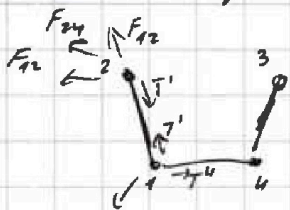
из 4 точек, но не и.к. на все не действуют внешние

силы, но изменение сил равно нулю, а и.к. в момент

момента в плоскости и скорости равны 0, но и 1-е уравнение

всего уравнений  $v=0 \Rightarrow$  и.к. не сходятся. В момент

от в центре равновесия, как при переключении:



но шаг 2 и 3 был координаты, а вот

2 и 4 (0,0), а 1 и 4 координаты



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**

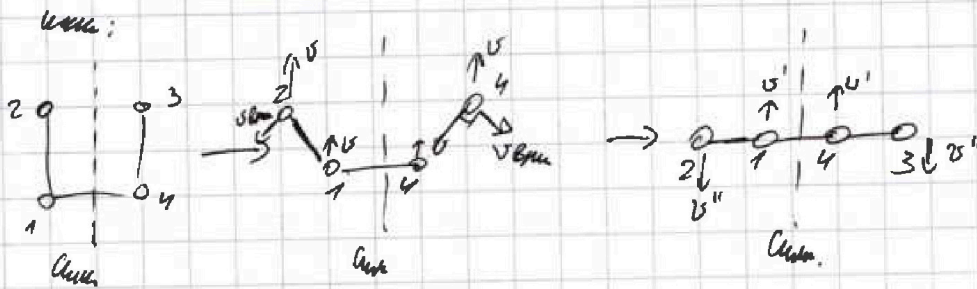
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Кинематика Букан описывается вращением вокруг неподвижной оси, и горизонтальной.

и.к. Скорости точек одинаковы по модулю,  $\perp$  радиусу и скорости.

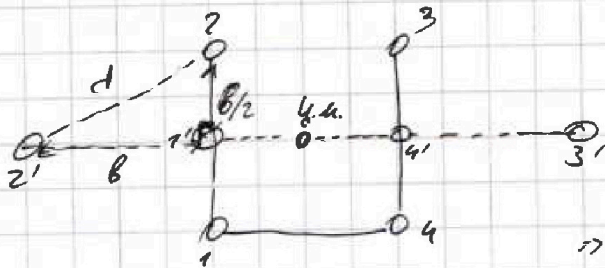
Через скорость по формулам кинематики будем находить кон-



в момент и координаты точек кинематики на 1 секунду

и.к.  $\omega$  одинакова для всех  $\Rightarrow$   $v = \omega r$  для 1 секунды

найти скорости: (1 2 3 4 - в момент; 1' 2' 3' 4' - через 1 секунду)



и.к. во все время всегда горизонтально

но скорость горизонтальная  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{по теореме Пифагора } d^2 = b^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = b \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

2) в любой момент в начальный момент времени  $\omega = 0 \Rightarrow$

угловая скорость равна 0.

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"/>



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

В процессе ~~что~~ движения до обрыва 1 мекки (перелом).  
картинки ~~та~~ (2, 4, 6) Нам 1-4 мекки и 11 сек  
в начале ~~глав~~. Но ~~мы~~ ⇒ скорости 1 и 4 будут равны 4  
и ~~началь~~ ~~влия~~, и скорости 2 и 3 будут ~~составлять~~ ~~на~~  
4  
скорости 5 и 6 ~~вправо~~ ↓ Нам 6 мекки (н.н. в 6.0.  
1 и 4 мекки ~~от~~ ~~близ~~. ~~определяет~~ ~~нам~~  
на ~~огибающей~~ ~~разудак~~ 0). ⇒ в начале ~~вста~~  
они ~~та~~ 1 ~~чуть~~ ~~скор~~ 1 и 4 будут 5'а  
скорости 2 и 3 будут ↓ ~~риском~~, ~~какие~~ ~~нам~~  
бы в ~~каждом~~ ~~наше~~ ~~бегать~~ ~~каждым~~ ~~близ~~  
но за ~~время~~ 0 ~~какое~~ ~~высота~~, н.н. все ~~близ~~  
F ~~кноп~~ ~~какая~~ ~~время~~ ~~скачок~~ 12 в ~~каждом~~  
моме и они ~~ли~~ ~~намерения~~, ⇒ ~~но~~ ~~з.в.~~,  
скорости 2'' 2 и 3 ~~мы~~ ~~мы~~ = 5' (свое  
з.в. ~~идет~~ ~~не~~ 0).

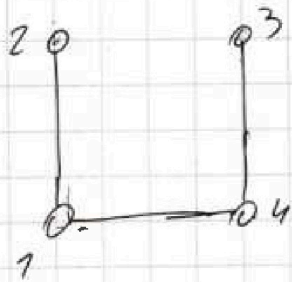
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

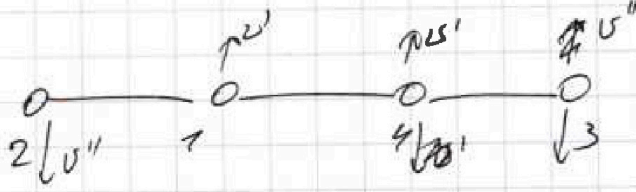


Заменим Э.С.Э. в 1 точке:

$$\text{это } \sum_{i=1}^4 k q_i^2 =$$

$$= \frac{kq^2}{6} + \frac{kq^2}{\sqrt{2} \cdot 6} \cdot 2 = \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \frac{kq^2}{6}$$

Нам же нужна масса:



$$E_{\text{эл}} = E_{\text{электр}} + E_{\text{масс}} =$$

$$= 2m v^2 + \frac{kq^2}{6} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

$$\cdot 2 + \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}\right) \cdot 2$$

$$\left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right) =$$

$$= 2m v^2 + \frac{kq^2}{6} \left(4 + \frac{1}{3}\right) =$$

$$2m v^2$$

Ответ: 1)  $T = \frac{kq^2}{6} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ ; 3)  $d = \frac{6}{2} \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

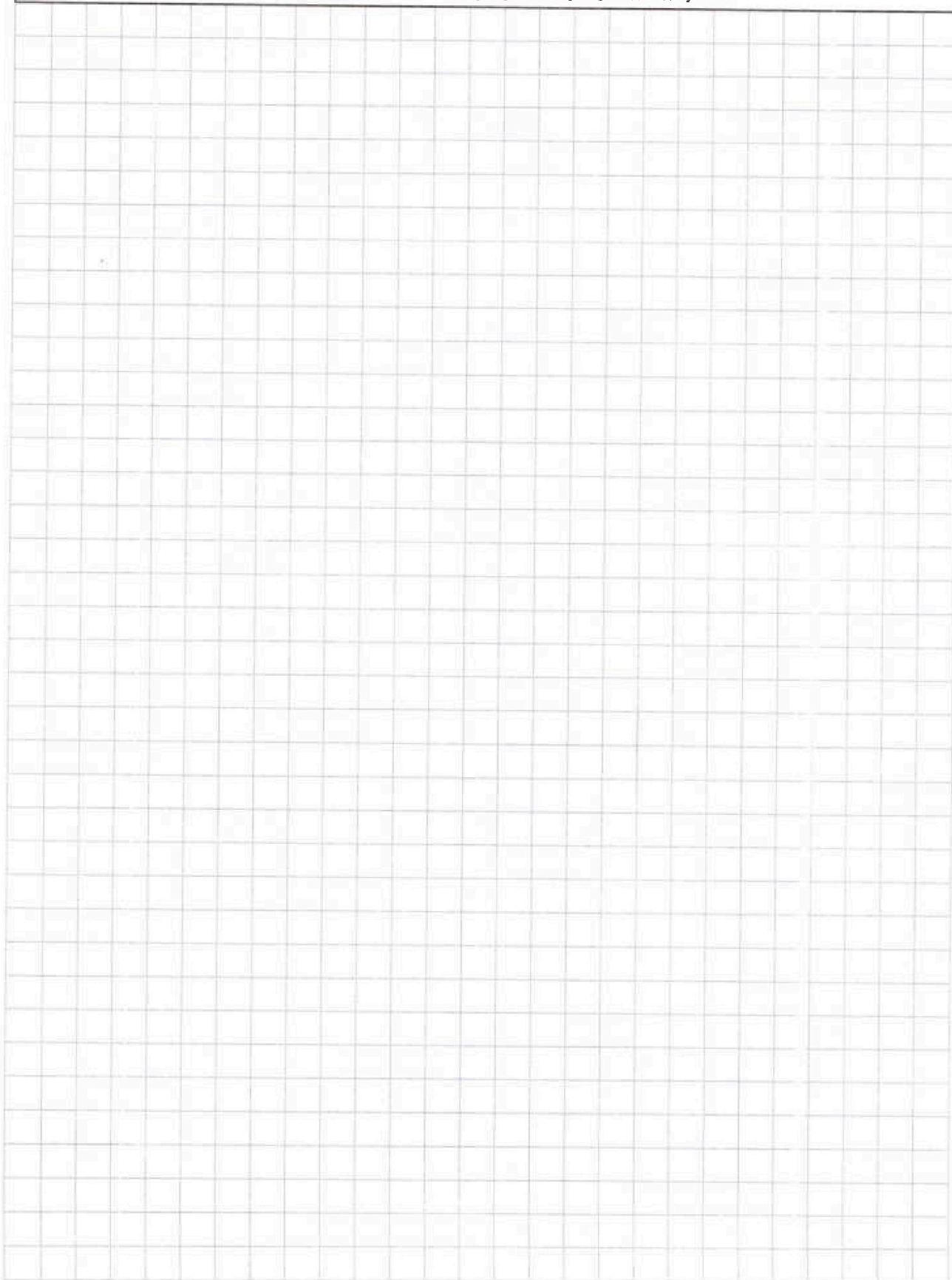
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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:

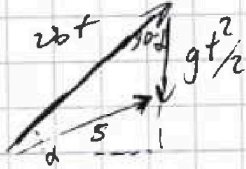
- 1  2  3  4  5  6  7



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



$$\Delta Q_{\Delta T} = \frac{i}{2} \Delta PV + P_0 \Delta V$$



$$h = C_p \cdot \epsilon \Delta T$$

$$\epsilon T = \frac{\Delta(PV)}{R}$$

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

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

$$y(x) =$$

$$\frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2}$$

$$\frac{C}{R} = k$$

$$k(\Delta PV) + k_0 \Delta V = \frac{i}{2} \Delta PV + \frac{i}{2} \Delta PV$$

$$k \Delta PV + k_0 \Delta V = \frac{i}{2} \Delta PV + \frac{i}{2} \Delta PV$$

$$\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$$

$$1 + \frac{gt^2}{v_0^2} = \frac{2}{\cos^2 \alpha}$$

25

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y' = 2ax + b$$

$$x_0 = -\frac{b}{2a}$$

$$y(x_0) =$$

$$y = x \cdot \frac{gt}{v_0} - \left( \frac{gx^2}{2v_0^2} \right) \frac{1}{\cos^2 \alpha} =$$

$$= x \cdot \frac{gt}{v_0} - \frac{gx^2}{2v_0^2} - \frac{gt^2}{2v_0^2} \cdot \frac{gx^2}{2v_0^2}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{i}{2} + \frac{P_0 V}{P_2 V + \Delta V P}$$

$$k C_p \left( \frac{i}{2} - k \right) \Delta PV =$$

$$= \left( \frac{i}{2} + 1 - k \right) \Delta V \cdot P$$

$$(C_p - C) \Delta PV =$$

$$= (C_p - C) \Delta V \cdot P$$

$$\frac{1}{e^x} \cdot \ln \cdot e^x$$

$$-20 + 20 = 0 = 5$$

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{\Delta P}{P} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\Delta V}{V} \cdot \left( \frac{C_p - C}{C_p - C} \right)$$

C

k

$$\Delta Q = \Delta U = A$$

$$\left( e^{\ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^n} \right)^n \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^n$$

$$P_2 V_2^{-n} = P_1 V_1^{-n}$$

$$e^{\ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right)} = n \cdot \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

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

$$PV^k = \text{const}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

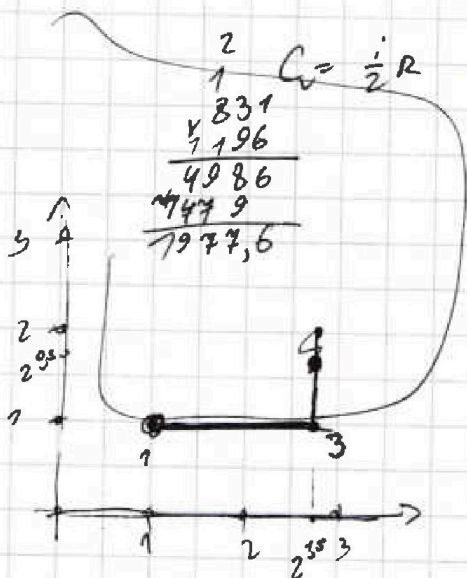
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

$$C_{\text{дв}} T = \frac{i}{2} R_{\text{дв}} T + P_{\text{дв}} V \rightarrow 0 \quad \text{и} \quad C_v \Delta V = \text{const}$$



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

$$C_p = (\frac{i}{2} + 1) R$$

$$4 - 2^{3.5} + 2 - 2^{2.5}$$

$$6 - 2^{3.5} - 2^{2.5}$$

$$\frac{2.5 - 2}{2 - 3.5} = k = \frac{9.5}{0.5} = 19$$

$$2^{3.5} + 2^{2.5} =$$

$$\sqrt{2} = 1.4$$

$$P V^{\text{const}} = \sqrt{2} \cdot (2000)$$

$$2 - 0.5$$

$$6(1 - \sqrt{2})$$

$$6 \cdot 4 \cdot 831 \cdot 0.4 = 0.5$$

$$= \frac{6 \cdot 16}{10} \cdot 831$$

$$12 \cdot 400 \cdot 831 =$$

$$\left(\frac{P_2}{P_3}\right) \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2$$

$$96 \cdot 831$$

$$= 12 \cdot 4 \cdot 831$$

$$6 \cdot 831 \cdot \sqrt{4 \cdot 2}$$

$$2 = \left(\frac{2^{3.5}}{2^{2.5}}\right)^2$$

$$2 = \left(\frac{2^{3.5}}{2^2}\right)^2$$

$$2 = \frac{2^3}{2^2}$$

$$\frac{2^{3.5}}{2^2} = 3$$

$$2^{3.5} \cdot k = 2^2$$

$$= 1.6 - 0.8 = 0.8$$

$$3 \cdot 400 \cdot 2 \cdot 831$$

$$3 \cdot 4000 \cdot 0.5 \cdot 831$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 831 \\ \times 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

$$831 \times 6 =$$

$$= 6 + 180 + 4800$$

$$4986$$

$$4986 \times 4 =$$

$$= 24$$

$$320$$

$$3600$$

$$16000$$

$$19944$$

$$\begin{array}{r} 19944 \\ - 16 \\ \hline 34 \\ \times 4 \\ \hline 364 \\ \times 4 \\ \hline 34 \\ \times 4 \\ \hline 32 \\ \times 4 \\ \hline 24 \end{array}$$

$$\frac{4 \cdot 9^2}{8^2}$$

