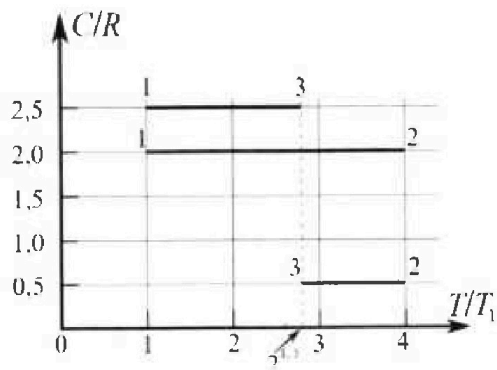


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

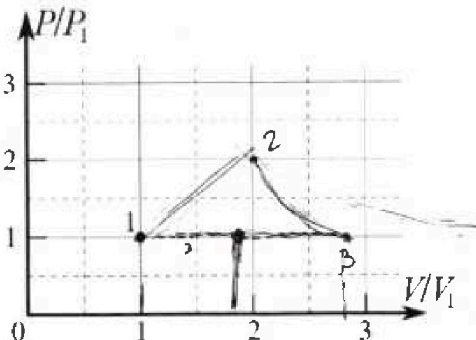
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



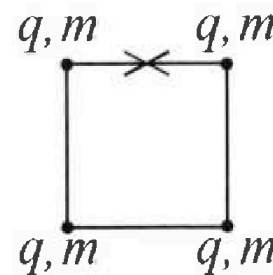
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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 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.

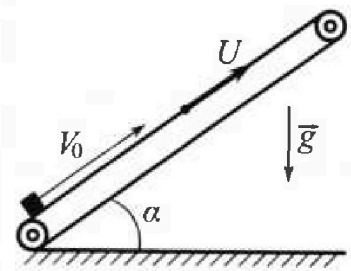
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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/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.

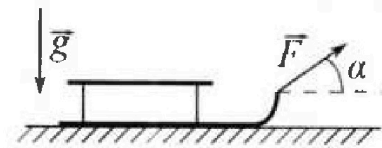
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

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



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

Дано:

m

Решение

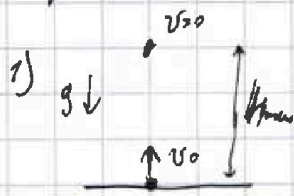
$T = 2 \text{ сек}$

$S = 20 \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$v_0 = ?$

$H = ?$



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

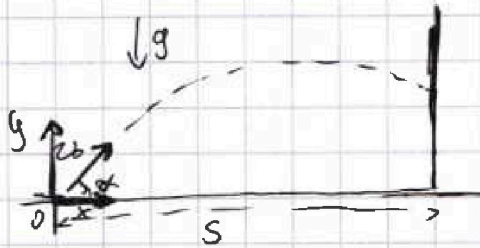
вниз. Максимальная высота H_{max} - высота, на которой

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 α к горизонту;

O_y - вертикаль, в момент взлета. O_x - горизонталь

к стене и перпендикулярна ей. Пусть мед.

пушечка выстрелила под углом α к горизонту.

Запишем два уравнения от времени:

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

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

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

Умножив 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 x , 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 $\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{-b}{2a} = \frac{20}{2(-5)} = 2$.

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

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

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

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

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

Максимальная высота от земли угла 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 - ?

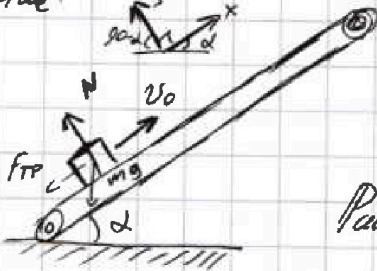
H - ?

T - ?

Сл

Решение

1)



M - масса тела

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

Рассмотрим движение тела

Уд. ускорение тела и условия задачи:

На тело действуют силы: тяжести, Fтр, N, =

$$= \mu N$$

В проекции Oх // направлению движения

Oy \perp Oх, но по Oy не действует сила

Запишем II з.н. (проекции по Oy не выполняются)

вдоль направления движения

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

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

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

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

Полностью, чтобы найти путь пройденный телом до полной остановки:

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

= 0,8 метра. \Rightarrow тело пройдет путь 1 метр,

= 0,4 сек. Это значит будет существовать блок

Ответ

Длина пути до полной

$$\text{за } T_1 = \frac{250}{-a} =$$

$$= 0,4 \text{ сек}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

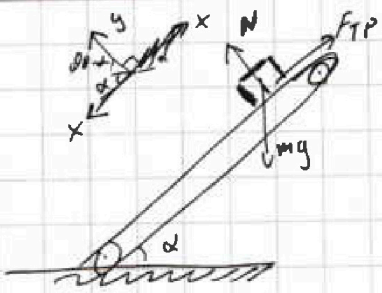
Отметьте крестиком номер задачи,

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}~~ Т.к. F_{TP} не $\Rightarrow mg \sin(\alpha) - F_{TP} = 0$; т.к.

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

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

$0,8 \leq 0,2 \rightarrow$ невозможно \Rightarrow блок не остановится

и гладкая плоск F_{TP} счит. \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 блок пройдет. $S - S_1 = 0,2 \text{ м}$.

Скорость v \Rightarrow время T_2 : $\Rightarrow S_2 = \frac{a_2 T_2^2}{2} \Rightarrow$

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

$$T = T_1 + T_2 \quad T_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} \approx \sqrt{\frac{1}{15}} \approx \sqrt{\frac{1}{36}} = 0,25 \text{ с}$$

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

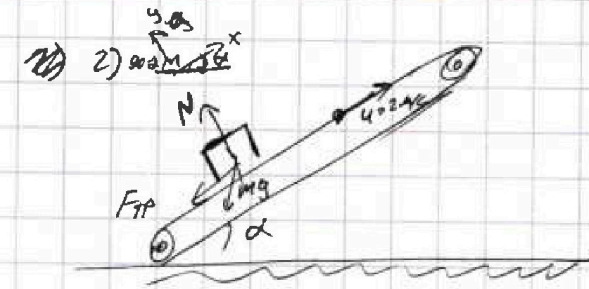
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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

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

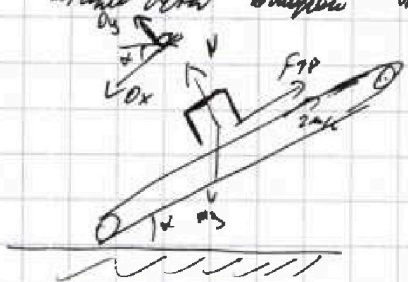
$$= 1,6 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} = 4 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} =$$

$$= 0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ м.}$$

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

показано выше, значение $L = 1,00 \text{ м}$.

3)



Решим для m на расходе

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

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

Самостоятельно. Ответ: (сейчас $L = 1,00 \text{ м}$)

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

и $mg \sin(\alpha) = \mu mg \cos(\alpha)$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

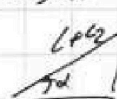


$$O_x: \text{Max} = mg \sin(\alpha) - \mu N$$

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

\downarrow
 $a_x = 6 \text{ м/с}^2$

в момент когда его длина станет нулю: от ширины
еще $L_2 = \frac{0 - 4^2}{2a_x} = -\frac{2^2}{2 \cdot 6} = -\frac{1}{3} \text{ м}$, но физ (т.к. O_x
наблюдается вправо-положительную) \Rightarrow от поверхности $\frac{1}{3} \text{ м}$
 $\frac{1}{3} \text{ м}$ вверх \Rightarrow в сумм $L + L_2 = (0,6 + \frac{1}{3}) \text{ м}$.

$$\text{но } H \text{ отосл к } L \text{ как } \cos(\alpha) \Rightarrow H = (L + L_2) \cdot \cos(\alpha) =$$
$$= 0,36 + 0,2 = 0,56 \text{ м}$$


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. Порча QR-кода недопустима!

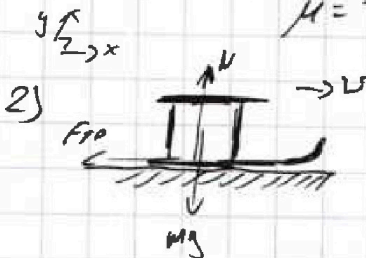


Тело в обеих случаях разлетит из состояния покоя
 со скоростью v_0 за одинаковое время, но угловое
 ускорение будет разное $a_{\text{уг}} = (a_{x1} = a_{x2}) \Rightarrow$

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

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

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



М.н. на блоке нуль $a_{y3} = 0$, но

гладкая $F_{TP} = \mu N$.

Решить относительно μ , $\mu = \frac{1 - \cos(\alpha)}{\sin(\alpha)}$

$$\begin{cases} N - mg = ma_{y3} & a_{y3} = 0 \Rightarrow N = mg \Rightarrow \end{cases}$$

$$\begin{cases} -F_{TP} = ma_{x3} & a_{x3} = -\mu g \text{ (знак зависит)} \end{cases}$$

Скорость при спуске: $v = v_0 + a_{x3} t \Rightarrow$

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

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

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

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

$$\text{Ур. М. Клапейрона: } PV = \nu RT \Rightarrow$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

процессе за C_V

Обе стороны:

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

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

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

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

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 $P_1 V_1^k$ и $P_2 V_2^k$:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_{1-2} = \nu \Delta T \left(C_{1-2} - \frac{1}{2} R \right) \quad \Delta T_{\text{из}} \text{ изохор:$$

$$A_{1-2} = \nu \Delta T$$

$$T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}:$$

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

$$4T_1 - T_2 = 3T_2$$

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

И.к. газ охладился $n > 3$

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

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!



$$2) \eta = \frac{A_{231}}{Q_{+}}$$

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

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

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

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

$$Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + A_{21-1-2} = 2 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 8,31 =$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 κ для воздуха $\kappa = 1,4$. Если $C = 2,5R$, $\gamma_{12} =$
 $= \left(\frac{1+\kappa}{2}\right)^{\frac{1}{\kappa}}$, $\Rightarrow C_{3-1} = C_P \Rightarrow$ процесс изобарный.

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

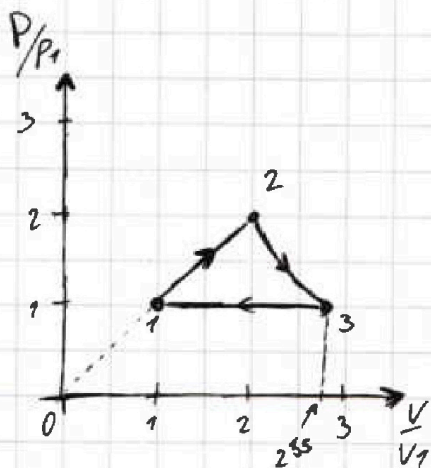
$$P_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$\Rightarrow (P_3 = P_1) \quad (P_i; V_i - \text{давление и объем в } i\text{-ом состоянии)}$$

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

т.е. процесс $3-1$:

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



Показатель κ для воздуха $\kappa = 1,4$. Показатель $\gamma_{12} =$

$$\text{По перв. закону: } P_1 V_1 = \nu R T_1, P_2 V_2 = \nu R T_2, \Rightarrow$$

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

Связь давления, температуры и объема с показателем κ для воздуха \Rightarrow

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

$$\text{где } \kappa = \frac{C_P - C_V}{C_V}$$

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

$$\begin{cases} \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\kappa} \\ P_2 V_2 = P_1 V_1 \cdot 4 \end{cases} \Rightarrow$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



1 2 3 4 5 6 7

МОТИ

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

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

\Rightarrow ~~кроссы~~ ~~используем~~ 2: $\frac{V_2}{V_1} = 2$; $\frac{P_2}{P_1} = 2$, и.к.а.

6 кроссы ~~$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}$~~ ~~$\frac{P_2}{P_1} = \frac{4V_1}{V_2}$~~ ~~$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}$~~ ~~и.к.а.~~ ~~по~~ ~~тем~~ ~~же~~ ~~при~~ ~~чинам~~ ~~кроссы~~ ~~нельзя~~ ~~использовать~~ ~~и.к.а.~~

6 как ~~каждому~~ это ~~нужно~~ с ~~каждым~~ ~~кросс~~.

1 и ~~выполнено~~ ~~без~~ ~~фигур~~. (и.к. ~~там~~ ~~без~~ ~~каждого~~ ~~кросс~~ ~~и.к.а.~~)
 $\frac{P}{P_1} = \left(\frac{V}{V_1}\right)^k \quad k=1$

Ищем 2-3: $C_{p,3} = \text{const} \Rightarrow$ ~~он~~ ~~описывается~~ $PV^{\gamma} = \text{const}$, где

$$\gamma = \frac{C_p - C_v}{C_v - 3} = \frac{2,5 - 0,5}{0,5 - 0,5} = \frac{2}{1} = 2 \Rightarrow PV^2 = \text{const} \Rightarrow$$

$\Rightarrow P \sim V^{-2} \Rightarrow$ ~~каждому~~ ~~это~~ ~~не~~ ~~нужно~~ ~~из~~ ~~каждого~~ ~~2~~ ~~и~~ ~~каждого~~ ~~3~~.

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

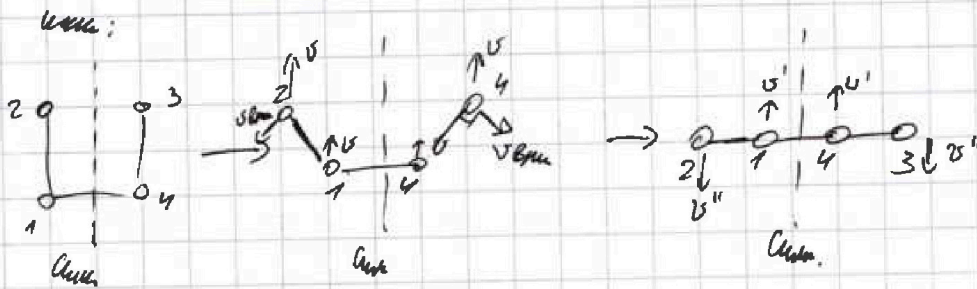
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Кинематика Бухан. Ось вращения z — параллельна z_0 , и горизонтальной.

и.к. z_0 — ось вращения z — параллельна z_0 , и горизонтальной.

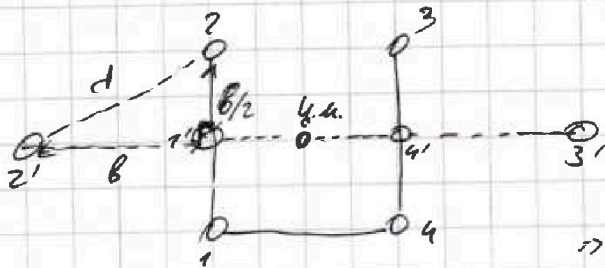
Через ось вращения, по формулам угловых скоростей Бухан. $\omega = \omega_0 + \omega_{rel}$



В момент t и скорости ω — ось вращения z — параллельна z_0 , и горизонтальной

и.к. $\omega = \omega_0 + \omega_{rel} \Rightarrow \omega = \omega_0 + \omega_{rel}$

углы ω : (1 2 3 4 — ось вращения; 1' 2' 3' 4' — ось вращения)



и.к. во вектор ω — ось вращения z — параллельна z_0 , и горизонтальной

но скорость ω — ось вращения z — параллельна z_0 , и горизонтальной

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

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

2) В момент t в z — ось вращения z — параллельна z_0 , и горизонтальной

и.к. $\omega = \omega_0 + \omega_{rel}$

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 ~~идет~~ движения до момента 1 метра (перезагрузка)
карты ~~идет~~ (сделано) Мин 1-4 минуты и 11 секунд
в начале ~~идет~~ но ~~идет~~ \Rightarrow скорости 1 и 4 будут равны 11
и начнем ~~идет~~, а скорости 2 и 3 будут ~~идет~~ \Rightarrow
скорости ^и 2 и 3 \perp Мин 8 мин ~~идет~~ (и.н. в.с.о.
1 и 4 ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~
на ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ \Rightarrow в начале ~~идет~~
или 1 и 1 ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ 1 и 4 будут 25' а
скорости 2 и 3 будут \perp ~~идет~~, ~~идет~~ ~~идет~~
бы в ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~
но за ~~идет~~ \Rightarrow ~~идет~~ ~~идет~~, и.н. ~~идет~~
F ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ ~~идет~~ 1 и в ~~идет~~
Мин и ~~идет~~ ~~идет~~ \Rightarrow ~~идет~~,
Скорости 25'' 2 и 3 ~~идет~~ ~~идет~~ = 5' (~~идет~~
~~идет~~ ~~идет~~ не 0).

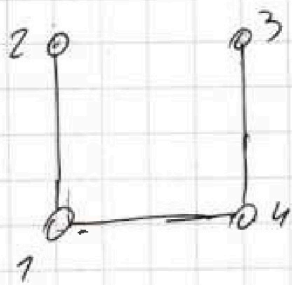
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

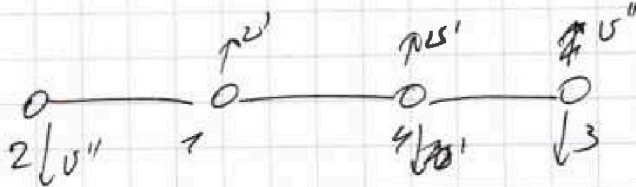


Заменим Э.С.Э. в точке:

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

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

Нам же нужна масса:



$$E_{\text{эл}} = E_{\text{упр}} + E_{\text{нат}} =$$

$$= 2m_2 v^2 + \frac{kq^2}{6} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{1} \right)$$

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

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

$$= 2m_2 v^2 + \frac{kq^2}{6} \left(4 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) =$$

$$2m_2 v^2$$

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.

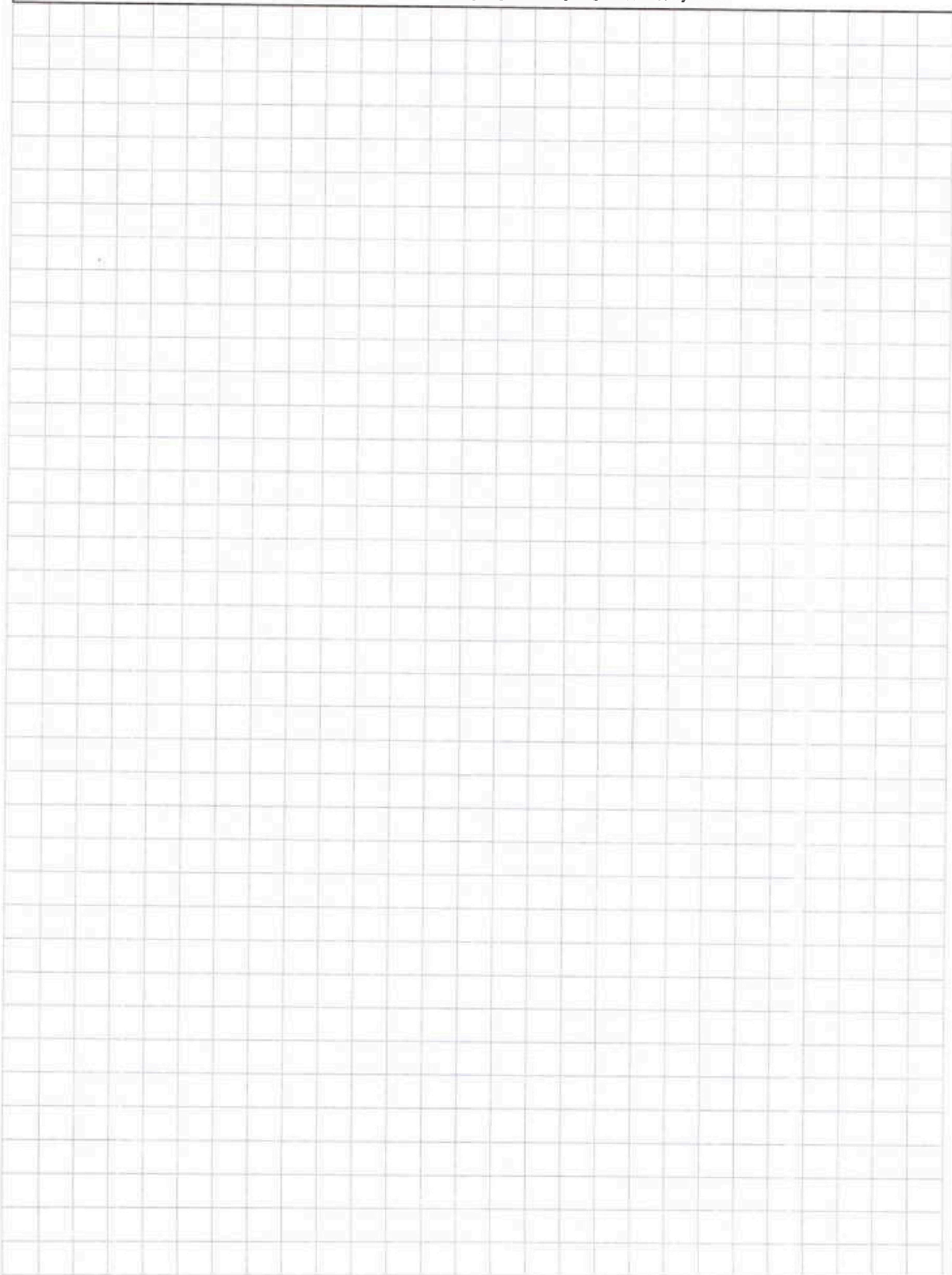
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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:

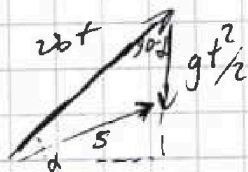
- 1 2 3 4 5 6 7



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



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



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

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

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

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

$$y(x) =$$

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

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

$$k(\Delta PV) + k_0 \Delta V = \frac{i}{2} \Delta PV + \frac{i}{2} \Delta PV + P_0 \Delta V$$

$$k \Delta PV + k_0 \Delta V = \frac{i}{2} \Delta PV + P_0 \Delta V$$

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

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

25

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

$$y' = 2ax + b$$

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

$$y(x_0) =$$

$$y = x \tan(\alpha) - \left(\frac{g x^2}{2 v_0^2} \right) \frac{1}{\cos^2(\alpha)} =$$

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

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

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

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

$$\frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{1}{\Delta T} \cdot \epsilon \Delta T$$

$$-20 + 200 = 5 =$$

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

C

K

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

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

e^n

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

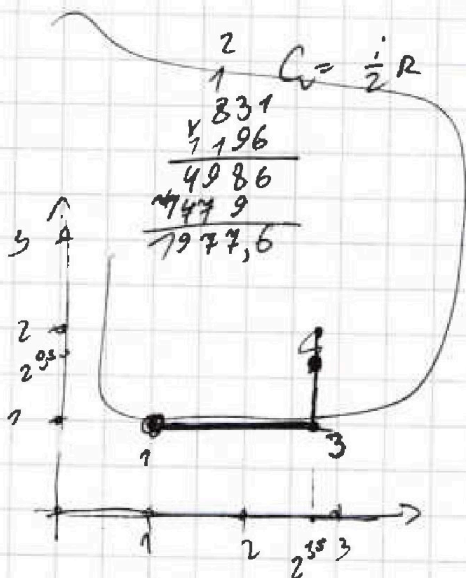
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

$$C_{\text{в}} \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V \quad \text{и} \quad C_{\text{в}} \Delta V = \text{const}$$



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

$$4 - 2^{3,5} + 2 - 2^{2,5}$$

$$6 - 2^{3,5} - 2^{2,5}$$

$$\frac{2,5 - 2}{2 - 8,5} = k = \frac{9,5}{0,5} = 19$$

$$2^{3,5} + 2^{2,5} =$$

$$\sqrt{2} = 1,4$$

$$P V = \text{const} = \sqrt{2} \cdot (2000^6)$$

$$2 - 0,5$$

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

$$6 \cdot 4 \cdot 831 \cdot 9,5 = 0,5 -$$

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

$$12 \cdot 400 \cdot 8,31 =$$

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

$$9,6 \cdot 831$$

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

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

$$2 = \left(\frac{2^{3,5}}{2^{2,5}}\right)^2$$

$$2 = \left(\frac{2^{3,5}}{2^2}\right)^2$$

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

$$\frac{2^{3,5}}{2^3} = 3$$

$$2^{3,5} \cdot k = 2^2$$

$$= 1,6 - 0,8 = 0,8$$

$$3 \cdot 400 \cdot 2 \cdot 8,31$$

$$3 \cdot 4000 \cdot 0,5 \cdot 8,31$$

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

$$831 \times 6 =$$

$$= 6 + 180 + 4800$$

$$\hline 4986$$

$$4986 \times 4 =$$

$$\begin{array}{r} = 24 \\ 320 \\ 3600 \\ 16000 \\ \hline 19944 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19944 \quad | \quad 4986 \\ - 16 \\ \hline 34 \\ - 36 \\ \hline 34 \\ - 32 \\ \hline 24 \end{array}$$

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

