

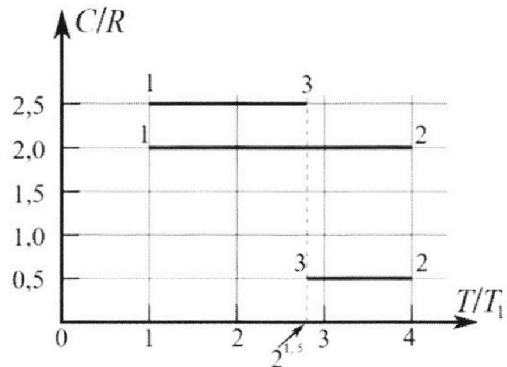
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



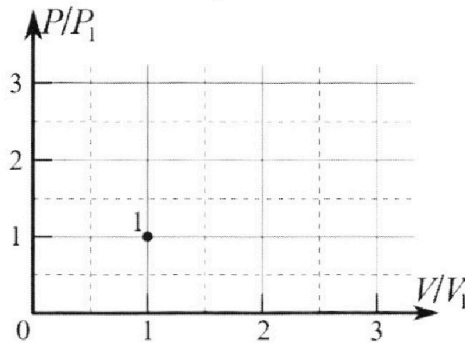
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



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

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



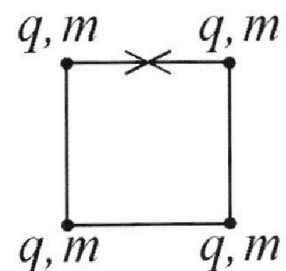
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

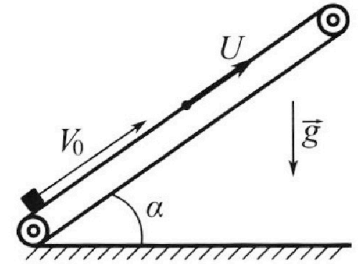
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.
- 1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.
 - 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



- 1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

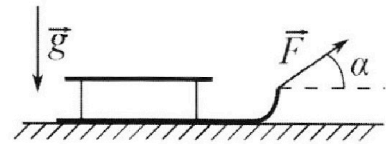
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

- 2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?
- 3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

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

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



- 1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
 - 2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .
- Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

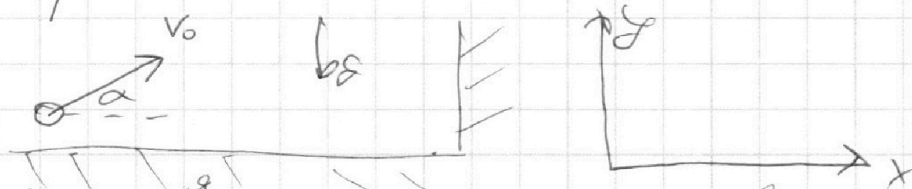
1 2 3 4 5 6 7

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

1) Из кинематики равнодек. верт. движения [Ⓟ]
для максимальной высоты достаточно потребовать:

$$V_0 - gT = 0 \Rightarrow V_0 = gT = 20 \frac{м}{с}$$

2) Пусть теннисист посылает мяч под произвольным углом α .



Уравнения движения мяча в координатах x, y :

$$x(t) = V_0 \cos \alpha t$$

$$y(t) = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

Найдя τ - время полета мяча от старта до сетки

$$\Rightarrow S = V_0 \cos \alpha \cdot \tau \Rightarrow \tau = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

$$H = y(\tau) = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2V_0^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$

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

$$\frac{gS^2}{2V_0^2} \tan^2 \alpha - S \tan \alpha + H + \frac{gS^2}{2V_0^2} \quad (*)$$

Заметим, что ~~то~~ для максимальной высоты удара достаточно потребовать,

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!

чтобы точка столкновения попала ^②
на границе преломляемой области
 \Rightarrow (*) должно быть ~~только~~ одно решение,
для этого достаточно приравнять
дискриминант 0

$$\Rightarrow 0 = S^2 - \frac{gS^2}{v_0^2} \left(2H_{\max} + \frac{gS^2}{v_0^2} \right)$$

$$\frac{v_0^2}{g} = 2H_{\max} + \frac{gS^2}{v_0^2}$$

$$H_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

Подставим числа

$$H_{\max} = \frac{20^2}{20} \text{ м} - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} \text{ м} = 20 \text{ м} - 5 \text{ м} = 15 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$H_{\max} = 15 \text{ м.}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

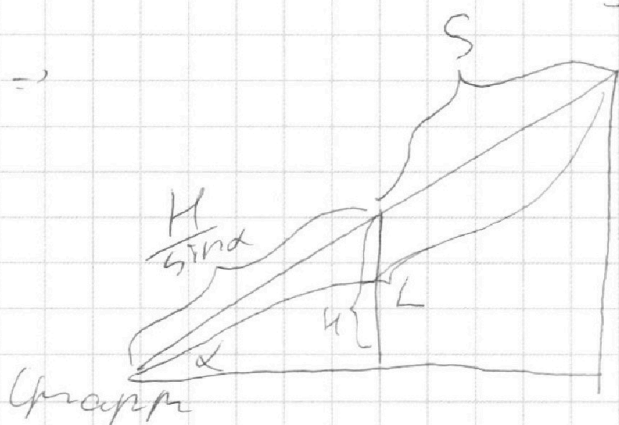
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Пусть если $V_{\text{max}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, то в УСО ⁵ ~~механика~~
это будет $V'_{\text{max}} = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
⇒ время движения t' : $V_{\text{max}} + a t' = V'_{\text{max}}$

$$\cancel{t = \frac{2 \cdot 3}{-10} = \cancel{0,6 \text{ с}}} \quad t = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

⇒ в это же время УСО груз опустится на

$$s = \left| \frac{a t'^2}{2} \right| = \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} = 0,6 \text{ м}$$
$$s = \frac{6 \cdot \frac{1}{9}}{2} = \frac{1}{3} \text{ м} = \cancel{0,3 \text{ м}}$$



$$\frac{H}{\sin \alpha} = L - S = \cancel{0,3 \text{ м}}$$
$$H = \frac{1,8 - 1}{3} \sin \alpha$$

$$\cancel{H = 0,09 \text{ м} \quad 0,8 = 0,07 \text{ м}}$$

$$H = \frac{0,8^2}{3} = 0,21 \text{ м}$$

Ответ: 1) ~~0,07 м~~ $T = 0,2 \text{ с}$

2) $L = 0,6 \text{ м}$

3) ~~$H = 0,07 \text{ м}$~~

$$H = 0,21 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1



2



3



4



5



6



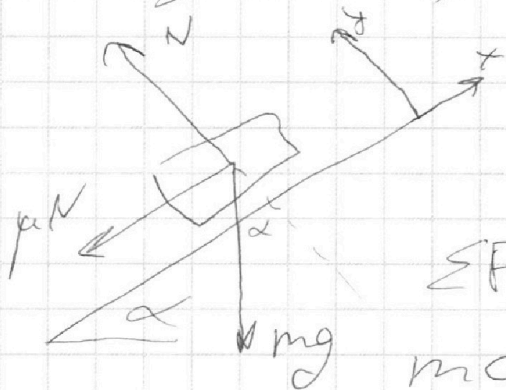
7



МФТИ

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

1) Распишем силы ($F_1 = \mu N$, так есть про-
кальзывание), и найдем ускорение ③



$$\Sigma F_y = 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow N = \cancel{mg} \cos \alpha$$

$$\Sigma F_x = +mgx = -\mu N - mg \sin \alpha$$

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

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,64} = 0,6$$

$$a = -g(0,8 + \frac{0,6}{3}) = -\frac{10}{3} \frac{m}{s^2} = -\frac{10}{3} \frac{m}{s^2}$$

Из кинематики $v_0 + aT = 0$

$$v_0 T + \frac{aT^2}{2} = S$$

$$4 \frac{a}{2} \cdot T + 5 \frac{a}{2} \cdot T^2 = 1$$

$$5 \frac{a}{2} T^2 + 4 \frac{a}{2} T - 1 = 0$$

$$\Rightarrow T = \frac{-4 + \sqrt{16 + \frac{52}{3}}}{\frac{5}{3}} = \frac{-4 + \sqrt{16 + 20}}{5} = \frac{2}{5} = 0,2 \text{ c}$$

Выбираем знак \oplus перед дискри-
миантом, чтобы получить $T > 0$

$$\cancel{T = \frac{-4 - \sqrt{16 + \frac{52}{3}}}{\frac{5}{3}}} = \frac{-4 + 10}{5} = \frac{-12 + 10}{5} \text{ c}$$

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"/>



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



(4)

$$T = \frac{12 + 17,3}{26} \quad e = \frac{5,3}{26} \quad C = 0,2 \text{ c}$$

2) Сила трения зависит от скорости бруска относительно лекты, поэтому перейдем в ИСО лекты.

Тогда скорости u бруска будут соответствовать скорости

$v_{отн} = u - U = 0$. К перемещению в этой ИСО для простого ответа не требуется прибавить перемещение лекты.

Направление u модуль силы трения в таком случае $v_{отн} = 0$ не меняется

$\Rightarrow a = 10 \frac{24}{31} \frac{m}{c^2}$. Как скорость $v_{отн} = v_0 - u = 2 \frac{u}{c}$

Время движения $\tau \Rightarrow v_{отн} + a\tau = 0$

$\tau = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ c} \Rightarrow \tau = \frac{6}{26} \text{ c} = \frac{3}{13} \text{ c}$

\Rightarrow перемещение в лаборатор. ИСО

$L = v_0 \tau + \frac{a \tau^2}{2} = 10 \frac{24}{31} \frac{m}{c^2} \cdot \frac{3}{13} + \frac{10 \frac{24}{31} \frac{m}{c^2}}{2} \cdot \left(\frac{3}{13}\right)^2 = 0,6 \text{ m}$

3) Теперь будем рассматривать движение груза после достижения скорости u .

После этого момента движение отн. лекты измещая ~~на~~ направление, поэтому теперь

ускорение $a' = g(\cos \alpha - \sin \alpha) = 10 \frac{m}{c^2} - 6 \frac{m}{c^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

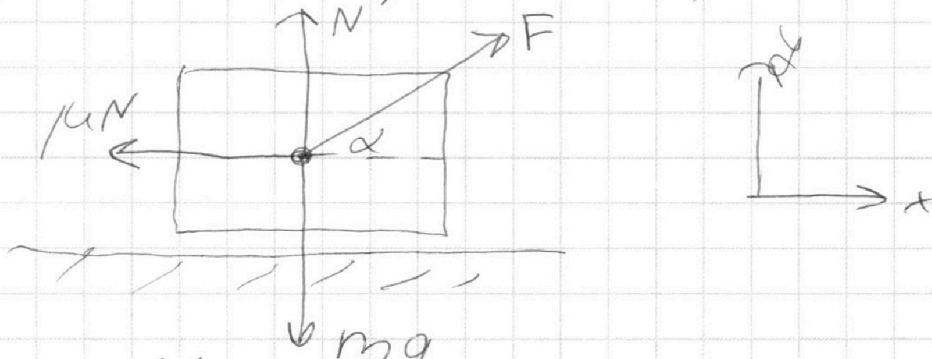
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

Так как во время разгона сила и масса санок \textcircled{B} постоянны, то и ускорения постоянно
 \Rightarrow в обоих случаях ускорения должны быть равны ($v_0 = at$) \Rightarrow и сила трения равна (и тогда, их равнодействующая $\{F_p\}$)

1)



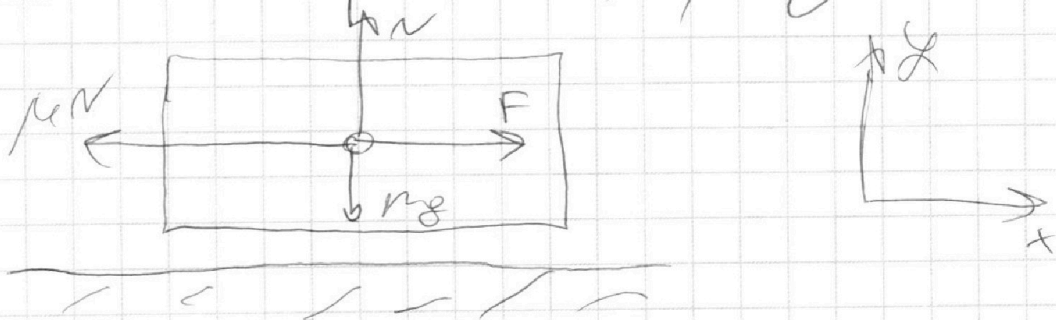
$$\begin{aligned}\Sigma F_y = 0 &= N + F \sin \alpha - mg \\ \Rightarrow N &= mg - F \sin \alpha\end{aligned}$$

$$\Sigma F_x = F_p = F \cos \alpha - \mu N$$

Знаки перед силами шире, так как, потому что движение должно совершаться в сторону против силы трения

$$\begin{aligned}F_p &= F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = \\ &= F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg \quad (*)\end{aligned}$$

2)



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

7

~~$N = mg$~~

$$\Sigma F_y = 0 = N - mg$$
$$\Rightarrow N = mg$$

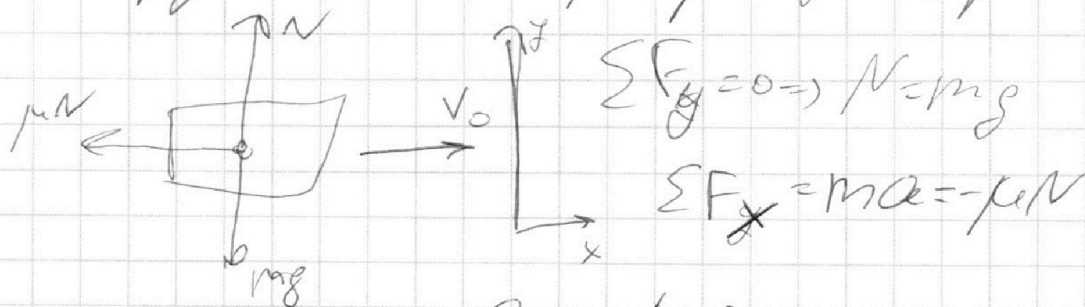
$$\Sigma F_x = F_p = F - \mu N = F - \mu mg \quad (**)$$

$$F_p = (*) = (***) \Rightarrow F - \mu mg = F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg$$

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

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \rightarrow \mu \text{ выталкивается при всех } \alpha \in (0; \frac{\pi}{2})$$

P.S. Силы трения в обоих случаях равны μN , потому что происходит проскальзывание. Теперь μN — сила, действующая на брусок после прекращения действия F .



$$\Rightarrow a = -\mu g$$

Из кинематич. уравнения равноускор. движения

$$T = -\frac{v_0}{a} = +\frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

Orbiter: $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

процесс 2-3: $PV^{\frac{2.5+2.5}{0.5+1.5}} = PV^2 = \text{const}$ \oplus
 $P = \frac{c}{V^2}$ - э. круглая пипербола

$$P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2 \Rightarrow P_3 = P_2 \frac{V_2^2}{V_3^2}$$

$$P_2 V_2 = 4 \sqrt{2} P_1$$

$$P_3 V_3 = 2 \sqrt{2} P_1$$

$$\Rightarrow \frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = \sqrt{2}$$

$$P_3 = P_2 \cdot \frac{V_2}{\sqrt{2} V_3}$$

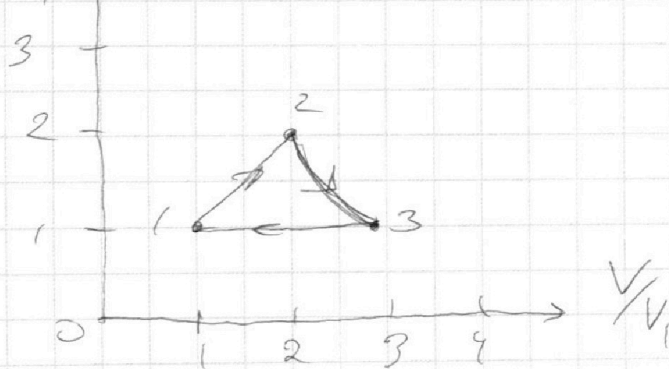
$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_3 \sqrt{2}} = \frac{V_2^2}{V_3^2} \Rightarrow V_3 = V_2 \sqrt{2} = 2 \sqrt{2} V_1$$

$$P_3 = P_2 \cdot \frac{V_2}{V_3 \sqrt{2}} = \frac{V_2}{2 V_2} \cdot 2 P_1 = P_1$$

Ответ: 1) $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$

2) $\eta = 14\%$

3) P/P_1



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!



$$P dV \left(\frac{C}{R} - \frac{5}{2} \right) = V dP \left(\frac{3}{2} - \frac{C}{R} \right) \quad (10)$$

$$\frac{dV}{V} \left(\frac{C}{R} - \frac{5}{2} \right) = \frac{dP}{P} \left(\frac{\frac{3}{2}R - C}{C - \frac{5}{2}R} \right)$$

Принтегрируем это ~~уравнение~~

$$\ln V = \ln P \cdot \frac{\frac{3}{2}R - C}{C - \frac{5}{2}R} + C \quad (\text{возле } C \text{ в степени } \frac{C - \frac{5}{2}R}{C - \frac{3}{2}R})$$

$$V = P^{\frac{\frac{3}{2}R - C}{C - \frac{5}{2}R}} \cdot C' \Rightarrow P V^{\frac{C - \frac{5}{2}R}{C - \frac{3}{2}R}} = \text{const}$$

$$P^{\frac{C - \frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R - C}} V = C'' = \text{const}$$

Для процесса 1-2:

$$P V^{-1} = \text{const} \Rightarrow \frac{P}{V} = \text{const} \quad (\text{процесс } \gamma = 1)$$

$$\Rightarrow \frac{V}{P} = \text{const} \Rightarrow P V^2 = \text{const}$$

$$\frac{V_1}{P_1} = \frac{V_2}{P_2} \quad \& \quad P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\Rightarrow \nu P_1 V_1 = \nu P_2 V_2 \quad P_2 = \frac{\nu P_1 V_1}{V_2} = P_1 \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} V_1^2 = V_2^2 \Rightarrow V_2 = 2 V_1$$

$$\Rightarrow P_2 = 2 P_1$$

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!



$$1) C_{12} = 2R$$

8

$$\text{Нам } T_2: C_{12} \Delta T = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T + A_{12}$$

$$A_{12} = (C_{12} - \frac{3}{2} \sqrt{R}) \Delta T_{12}$$

$$A_{12} = \sqrt{2} R \cdot 3T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ мм} \cdot 8,31 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К} = 6 \cdot 831 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) Q_{12} = \sqrt{C_{12}} \Delta T = \sqrt{2} R \cdot 3T_1 =$$

$$1-2: = 6 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \text{ Дж} = 19944 \text{ Дж} > 0$$

$$2-3: C_{23} = 0,5 R$$

$$Q_{2-3} = \sqrt{C_{23}} \Delta T_{23} = \sqrt{0,5} R \cdot (\sqrt{8}) T_1 < 0$$

$$= 0,5 R T_1 (\sqrt{8}) < 0$$

$$\sqrt{2} \sqrt{C_{23}} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_{23} + A_{23}$$

$$A_{23} = \sqrt{C_{23}} \Delta T_{23} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{3}{2} \right) R = -\sqrt{R} \Delta T_{23}$$

$$A_{23} = 1 \text{ мм} \cdot 8,31 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot (4 - \sqrt{8}) \cdot 400 \text{ К}$$

$$\sqrt{8} \approx 2,83$$

$$\rightarrow A_{23} = 8,31 \cdot 4 \cdot 1,17 \text{ Дж} \approx 3889 \text{ Дж}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<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!

9

$$3-1: C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$Q_{31} = \nu C_{31} \Delta T_{31} = -\nu C_{31} (2^{4,5} - 1) T_1 < 0$$

$$\nu C_{31} \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} = A_{31}$$

$$\nu R \Delta T_{31} = A_{31} = -\nu R (2^{4,5} - 1) T_1 =$$

$$= -837 \cdot 4 \cdot 1,83 \text{ Дж} = -6083 \text{ Дж}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{A_{12} + A_{23} - A_{31}}{Q_{12}} = \frac{4986 + 3889 - 6083}{19944} =$$

$$\frac{2792}{19944} = 14\%$$

3) Выведем уравнение поумпроты:
для одноат. газа

$c = \text{const}$

$$\nu c dT = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

$$\nu R dT = p dV + V dP$$

$$\Rightarrow \cancel{\nu} dT = \frac{p dV + V dP}{R}$$

$$\nu dT (c - \frac{3}{2} R) = p dV$$

$$(p dV + V dP) (\frac{c}{R} - \frac{3}{2}) = p dV$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

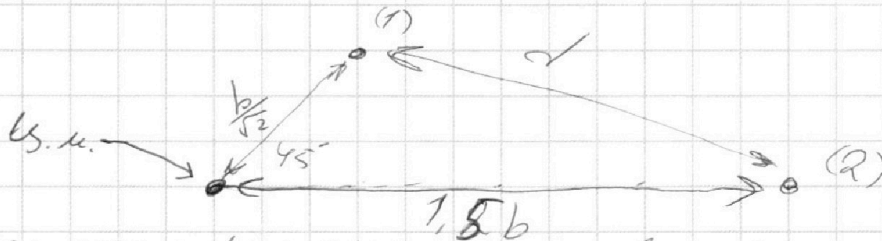
решение которой представлено на странице:

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!

Я нарисую на ослом рисунке начальное положение \vec{u} правого верхнего (1) шарика и конечное (2)



(2) положение шара справа, а не слева, потому что шарики не вращаются,

и разлетаются симметрично (т.к. максимальные скорости направлены в противоположные стороны)

По т. косинусов:

$$d^2 = \frac{b^2}{2} + 4b^2 - 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1,5}{\sqrt{2}} \cdot 2b =$$

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

$$\Rightarrow d = b\sqrt{2,5} = 1,5b$$

Ответ: 1) $T = \frac{kq^2}{2\sqrt{2}b^2} (2\sqrt{2} + 1)$

2) $V = \sqrt{\frac{kq^2}{3mb} (1 - 3\sqrt{2})}$

3) $d = \frac{\sqrt{10}}{2} b = 0,5\sqrt{5}b$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

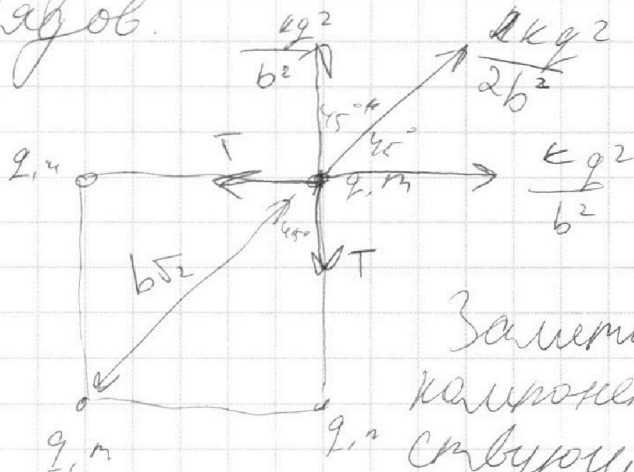
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



1) Заметим, что до перетягивания нити ⁽²⁾
из симметрии, на все заряды действуют одинаковые силы. Рассмотрим один из зарядов.



Заметим, что компоненты сил, действующие перпендикулярно диагонали взаимно скомпенсированы = в можно рассмотреть только проекции сил на диагональ

$$\frac{kq^2}{2b^2} + 2 \cdot \frac{kq^2}{b^2} \cdot \cos(45^\circ) = 2T \cos(45^\circ)$$

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

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

2) Заметим, что в данной системе над шариками будут совершаться работы только силы кулоновского взаимодействия ~~и~~ которые являются потенциальными. Найдём ^{потенциальную энергию} работу правого заряда до перетягивания

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

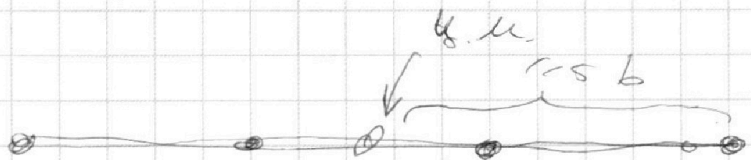
МФТИ

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



$$W_0 = + \frac{kq^2}{b} \cdot 2 + \frac{kq^2}{b\sqrt{2}} = + \frac{kq^2}{b\sqrt{2}} (2\sqrt{2} + 1) \quad (13)$$

и в центре.



$$W_k = \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

$$W_k = + \frac{kq^2}{6b}$$

$$\text{ЗСЭ: } W_0 = W_1 + \frac{mV^2}{2}$$

$$+ \frac{kq^2}{b} (2 + \frac{1}{\sqrt{2}}) = + \frac{kq^2}{b} + \frac{mV^2}{2}$$

$$\frac{mV^2}{2} = - \frac{kq^2}{b} (\frac{1}{6} - 2 - \frac{1}{\sqrt{2}}) = \frac{kq^2}{b} (\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}}) \quad (14)$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{ \frac{kq^2}{3mb} (1 + 3\sqrt{2}) } \quad (15)$$

3) Так как на систему не действуют внешние силы, то р.о. центра масс б.м. сохраняется (находится в центре начального квадрата)

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!



$$V_0 + g t = 0 \quad V_0 = g t = 20 \frac{m}{s}$$

вертикаль

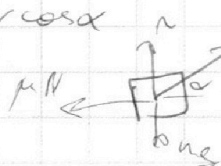
$$N = mg - F \sin \alpha$$

$$V \cos \alpha t = S$$

$$t = \frac{S}{V \cos \alpha}$$

$$F_F = F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) = \mu mg$$

$$V \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = H$$



$$F_F = F - \mu mg$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

$$S t g \alpha - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v^2} (t g^2 \alpha + 1) = H$$

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

$$V_0 - \mu g t = 0$$

$$\frac{g S^2}{2 v^2} t g^2 \alpha - S t g \alpha + H + \frac{g S^2}{2 v^2} = 0$$

$$T = \frac{V_0}{\mu g}$$

$$S^2 - \frac{2 g S^2}{v^2} \left(H + \frac{g S^2}{2 v^2} \right) = 0 \quad \frac{V_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

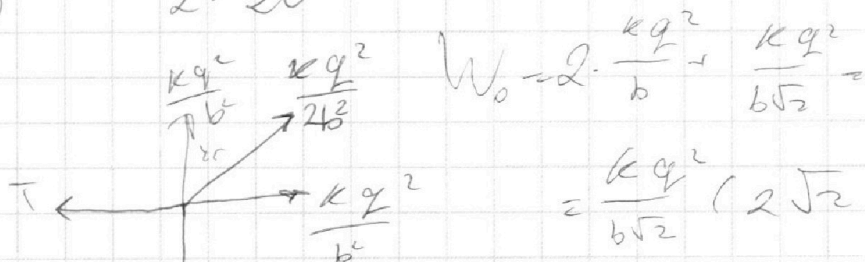
$$\frac{V^2}{2g} - \frac{g S^2}{2 v^2} = H$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{k q^2}{b} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{6} \right)$$

$$= \frac{k q^2}{b} \left(\frac{1}{6} + \frac{3\sqrt{2}}{6} \right)$$

$$v = \sqrt{\frac{k q^2}{3 m b} (1 + 3\sqrt{2})}$$

$$\frac{20^2}{20} - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} = 20 - 5 = 15 \text{ м}$$



$$W_0 = 2 \cdot \frac{k q^2}{b} + \frac{k q^2}{b \sqrt{2}}$$

$$= \frac{k q^2}{b \sqrt{2}} (2\sqrt{2} + 1)$$

$$\frac{k q^2}{2 b^2} = \frac{k q^2}{b^2} \cos \alpha \sqrt{2} = T \sqrt{2}$$

$$W_1 = \frac{k q^2}{6 b} (1) = \frac{1}{6} \frac{k q^2}{b}$$

$$\frac{k q^2}{\sqrt{2} b^2} (2 + 2\sqrt{2}) = T$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



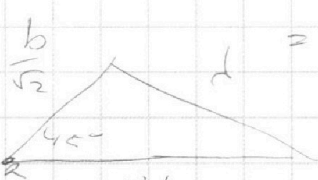
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\begin{array}{r}
 279206 \mid 19944 \\
 -19944 \\
 \hline
 79760 \\
 -59832 \\
 \hline
 19928
 \end{array}$$

затронуто

$$b = \sqrt{\frac{b^2}{2} - 4b^2} = \sqrt{2} \cdot \frac{b}{\sqrt{2}} \cdot 2b^2 = b\sqrt{\frac{1}{2} + 2} = \sqrt{\frac{5}{2}} b = \frac{\sqrt{10}}{2} b$$



$$\alpha = 0,5 - 2,5 = -2$$

$$\frac{0,5 - 2,5}{-1} = 2 < 1$$

$$a = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = -9,8 - \frac{6}{3} = -11,6$$

$$4 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2^2}{2} = 0,8 - 0,2 = 0,6$$

$$2 - 8$$

$$2 \cdot 1,41 = 2,82$$

$$\begin{array}{r}
 19944 \\
 \times 3 \\
 \hline
 59832
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 0,64 \mid 3 \\
 -6 \\
 \hline
 0,213 \\
 -3 \\
 \hline
 1,23 \\
 -4 \\
 \hline
 732
 \end{array}$$

$$J_{COT,2} = \frac{3}{2} J_{ROT,2} + A_{12}$$

$$A_{12} = 10 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot 2,31$$

$$\begin{array}{r}
 12465 \cdot 3 = \\
 \times 3 \\
 \hline
 37395
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 831 \\
 -24 \\
 \hline
 3324 \\
 +1662 \\
 \hline
 19944
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 831 \\
 -15 \\
 \hline
 4155 \\
 +831 \\
 \hline
 12465
 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r}
 -283 \\
 283 \\
 \hline
 +879 \\
 +2264 \\
 \hline
 566 \\
 \hline
 80089
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 831 \\
 -732 \\
 \hline
 +1662 \\
 +2493 \\
 \hline
 5817 \\
 \hline
 608292
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 1,17 \\
 \times 4 \\
 \hline
 468 \\
 \hline
 3879
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 831 \\
 -831 \\
 \hline
 6648 \\
 +4986 \\
 \hline
 3324 \\
 \hline
 388908
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 +4986 \\
 +3869 \\
 \hline
 8855
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 -8875 \\
 -6083 \\
 \hline
 2792
 \end{array}$$

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!



Черковец

$$16 - 3 = 70 + 12 = 48$$

$$\begin{array}{r} 4986 \\ - 3341 \\ \hline 8827 \\ - 8827 \\ \hline 6083 \\ \hline 2778 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5300 \overline{) 26} \\ 52 \\ \hline 700 \end{array}$$

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

CdT $6 - 4 = 24$

$$\frac{2744}{19944} = \frac{1372}{9972} = \frac{686}{4986} =$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ - 24 \\ \hline 3327 \\ + 1662 \\ \hline 19944 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 343 \\ = 2993 \\ - 290 \\ \hline 29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 34300 \overline{) 2493} \\ 2993 \\ \hline 9370 \\ - 7479 \\ \hline 1891 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 261 \\ + 58 \\ \hline 8,41 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 285 \\ - 285 \\ \hline 1425 \\ + 2280 \\ \hline 570 \\ \hline 8,1225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 283 \\ - 283 \\ \hline 849 \\ + 2264 \\ \hline 566 \\ \hline 8,0089 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2493 \\ - 2479 \\ \hline 14 \end{array}$$

У.

$$\begin{array}{r} 1,77 \\ - 4 \\ \hline 468 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ - 4,62 \\ \hline 1348 \\ + 4986 \\ \hline 3324 \\ \hline 3847,08 \end{array}$$

$$\sqrt{\frac{c_p - c_v}{c_v - c}} = \gamma$$

$$c = p v \frac{c_p - c_v}{c - c_v}$$

$$\begin{array}{r} 1,83 \\ - 4 \\ \hline 232 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 732 \\ - 831 \\ \hline 732 \\ + 2196 \\ \hline 5856 \\ \hline 6082,42 \end{array}$$

$$2c dT = 2c_v dT = p dV$$

$$(p dV + V dp)(c - c_v) = p dV \cdot 2$$

$$p dV (c - c_p) = -V dp (c - c_v)$$

$$\frac{dV}{V} \cdot \frac{(c - c_p)}{c - c_p} = \frac{dp}{p}$$



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

МФТИ

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

процесс 2-3: ~~$p \rightarrow p$~~ ~~$V \rightarrow V$~~ ~~$pV^2 = \text{const}$~~ ~~$V = \text{const}$~~ ~~черновик~~

~~$V = p^{-2} = \text{const}$ - парабола~~

~~$\frac{V_2}{p_2^2} = \frac{V_3}{p_3^2} \Rightarrow \frac{p_2^2}{p_3^2} = \frac{V_3}{V_2}$~~ ~~$p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2 = p_3 = p_2 \cdot \frac{V_2^2}{V_3^2}$~~ ~~парабола~~

$p_2 V_2 = 2 \sqrt{RT}$

$p_3 V_3 = 2^{1.5} \sqrt{RT}$ $\Rightarrow \frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = 2 = \sqrt{2}$

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

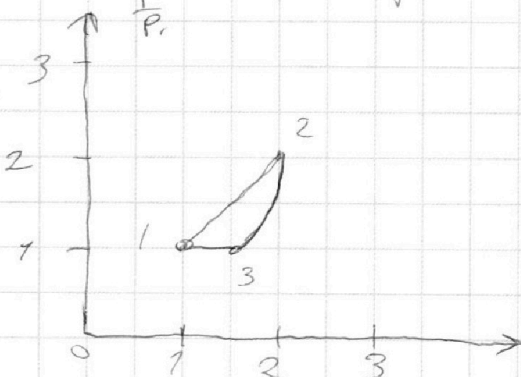
$\Rightarrow \frac{V_3^2}{2 V_2^2} = 1 \Rightarrow V_3 = \sqrt{2} V_2 = 2\sqrt{2} V_1 = 2.82 V_1$

=1

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

процесс 3-1: ~~$p \rightarrow p$~~ ~~$V \rightarrow V$~~ ~~$p = \text{const}$~~ - изобара

Объем: 3



$A_{12} = 4986 \text{ Дж}$

$\eta = 18\%$

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!



репробук

$$\nabla c dT = \nabla c_v dT = p dV$$

$$p dV + V dp (c - c_v) = p dV \cdot R$$

$$p dV (c - c_p) = V dp (c_v - c_v)$$

$$\frac{dV}{V} \cdot \frac{c - c_p}{c_v - c} = \frac{dp}{p}$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{c_v - c}{c - c_p} = V$$

$$p \frac{c_v - c}{c - c_p} = V - c$$

$$V \cdot p \frac{c_v - c}{c - c_p} = c$$

$$p V \frac{c - c_p}{c - c_v} = c$$

$$\frac{26}{3} \cdot \frac{3}{13} = \frac{3}{13}$$

$$-2 = \frac{0,5 - 2,5}{0,5 - 1,5}$$

$$\begin{array}{r|l} 900 & 13 \\ - 78 & 0892 \\ \hline 120 & \\ - 117 & \\ \hline & 30 \end{array}$$