



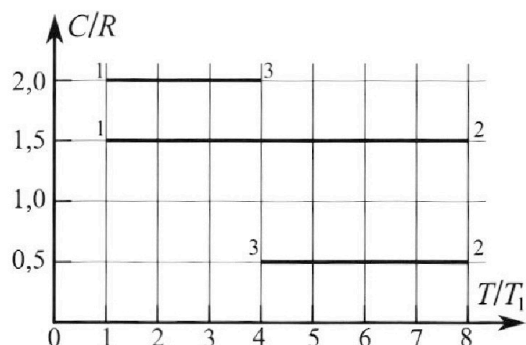
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

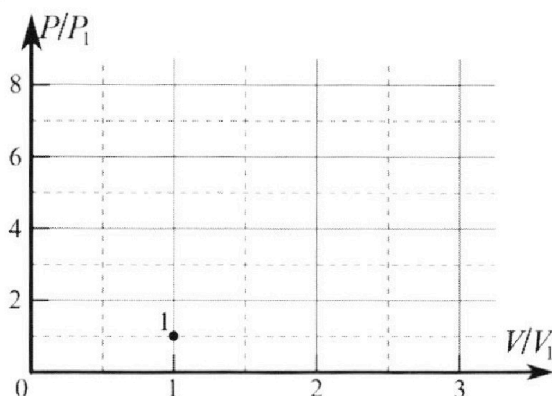
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

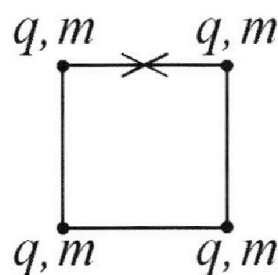


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию K 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)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

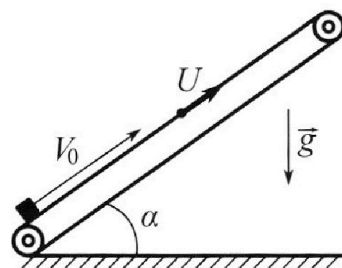
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

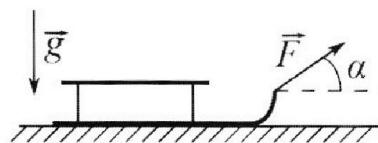
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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

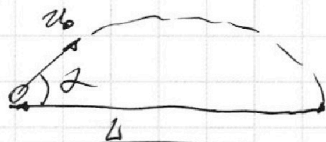
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

в1. а)



$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}}$$

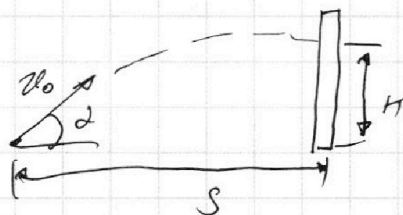
$$v_0 = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Время полета: $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

$$v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$$

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

б)



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

Как сказано, что $H = H_{\max}$, значит ищем функцию $H(\alpha)$ найдем $\alpha_{\max}$

$$(H_{\max})' = 0 = \left(S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1) \right)' = S \tan' \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} (\tan \alpha)'$$

$$0 = S \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot 2 \cdot \tan \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$1 = \frac{2 g S}{v_0^2} \tan \alpha \Rightarrow \tan \alpha_{\max} = \frac{2 v_0^2}{v_0^2 g S}$$

$$H = S \cdot \frac{2 v_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{4 v_0^4}{g^2 S^2} + \left(-\frac{g S^2}{2 v_0^2} \right) = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$\frac{g S^2}{2 v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H$$

$$S = v_0 \sqrt{\frac{4 v_0^2}{4 g^2} - \frac{2 H}{g}}$$

$$S = v_0 \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2} - \frac{2 H}{g}}$$

$$S = 16 \text{ м}$$

Ответ: $v_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $S = 16 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

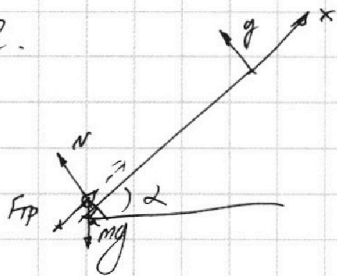
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



н 2.



II 3-я задача: $Oy: N = mg \cos \alpha$
 $Ox: m a_x = - \mu mg \cos \alpha$ (потом шар движется вверх)
 $= - mg \sin \alpha$
 $a_x = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$
 Тогда когда движется вниз
 $a_x' = -g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$

1) До остановки: $a_x = -10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5) \frac{m}{c^2} = -10 \frac{m}{c^2}$,
 значит и моменту T , он уже остановится, так $0T > v_0$

Время до остановки: $t = \frac{v_0}{a_x} \quad t = 0,6c$

После остановки: $a_x' = -10(0,6 - 0,4) \frac{m}{c^2} = -2 \frac{m}{c^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow S = \frac{v_0}{2} \cdot t + \frac{|a_x| (T-t)^2}{2}$

$S = \frac{6}{2} \cdot 0,6 m + \frac{2 \cdot 0,4^2}{2} m = 1,8 m + 0,16 m = 1,96 m$

2) Коробка будет иметь скорость u вправо, при $u > 0$ поднимается и при спуске.

Опишем процесс: коробка будет подниматься и прение будет действовать вниз, пока $v_x > u$, когда же $v_x = u$ проскальзывание пропадет, а где когда $u_x < u$ сила прения будет действовать вверх. В первом этапе все равно мы имеем $u = 0$.

$T_{11} = \frac{v_0 - u}{a_x} \Rightarrow T_{11} = \frac{6-1}{10} c = 0,5 c$

После этого $a = a_x'$: $T_{12} = T_{11} + \Delta T \quad \Delta T = \left| \frac{2u}{a_x'} \right| \quad \Delta T = \frac{2 \cdot 1}{2} c = 1 c$

$T_{12} = 1,5 c$, окончательно: $T_1 = \begin{bmatrix} 0,5 c \\ 1,5 c \end{bmatrix}$

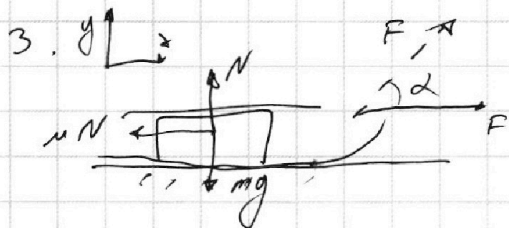
Коробка остановится в момент времени: $T_{11} + \frac{\Delta T}{2}$:

$L = \frac{v_0 - u}{2} \cdot T_{11} + \frac{u}{2} \Delta T = \frac{5}{2} \cdot 0,5 m + \frac{1}{2} \cdot 1 m = 1,5 m$

Ответ: $S = 1,96 m \quad T_1 = \begin{bmatrix} 0,5 c \\ 1,5 c \end{bmatrix} \quad L = 1,5 m$.

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!



То условием сани до
приобретения кин. энергии &
проходят один и тот же
путь:

ЗСЭ: 1) $-F_{тр1}S + FS = K$ 2) $-F_{тр2}S + F\cos\alpha S = K$

Плоская & движение. Ц.м: $\sum F_y = 0$: $N_1 = mg$
Век $F_{тр1} = \mu N_1 = \mu mg$ $N_2 = mg - F\sin\alpha$

$F_{тр2} = \mu mg - \mu F\sin\alpha$

$-F_{тр1}S + FS = -F_{тр2}S + F\cos\alpha S$

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

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

После действия внешней сил, санки тормозятся:

$\mu mg = ma$

$a = \frac{v^2}{t}$

$t = \frac{2S}{v}$

$a = \frac{v^2}{2S}$

$\mu g = \frac{v^2}{2S}$

$\frac{mv^2}{2} = K \Rightarrow v^2 = \frac{2K}{m}$

$\mu g = \frac{K}{2mS}$

$S = \frac{K}{\mu mg}$

$S = \frac{K\sin\alpha}{(1 - \cos\alpha)mg}$

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

$S = \frac{K\sin\alpha}{(1 - \cos\alpha)mg}$

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!

№4.

а) Числа Q_{31} и A_{31} найдем, работая с теми же сис., найдём работу газа A_{31} .

$$3 \text{ Ц: } \Delta Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$$

полн. тепло изм. внутр. энер.

$$\Delta Q_{31} = C_{31} \cdot \Delta T_{31} \text{ — не определим.}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} R \cdot \Delta T_{31}$$

$$A_{31}' = -A_{31} = \gamma(T_3 - T_2)(C_{31} - \frac{3}{2}R)$$

$$A_{31} = \gamma(T_3 - T_2)(C_{31} - \frac{3}{2}R)$$

$$A_{31} = 300 \cdot 8,31 \text{ Дж} \approx 2,5 \text{ к Дж}$$

б)

$$\eta = \frac{Q_+ + Q_-}{Q_+}, \text{ где } Q_+ \text{ — подогретая } (>0), Q_- \text{ — охлажденная } (<0).$$

$$Q_+ = \gamma(C_{12} \cdot (T_2 - T_1)) \quad Q_- = \gamma(C_{23}(T_3 - T_2) + C_{31}(T_1 - T_3))$$

$$\eta = \frac{C_{12}T_2 - C_{12}T_1 + C_{23}T_3 - C_{23}T_2 + C_{31}T_1 - C_{31}T_3}{C_{12}T_2 - C_{12}T_1} =$$

$$= \frac{T_1(C_{31} - C_{12}) + T_2(C_{12} - C_{23}) + T_3(C_{23} - C_{31})}{C_{12}(T_2 - T_1)}$$

$$\eta = \frac{T_1 \cdot 0,5R + 8T_1 \cdot 1R + 4T_1 \cdot (-1,5)R}{1,5R \cdot 7T_1} = \frac{0,5 + 8 - 6}{10,5} =$$

$$= \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$$

в)

Типа ~~полностью обратимости~~ можно записать уравнение ~~потоков~~ $pV^n = \text{const}$, где $n = \frac{C_p - C}{C_v - C}$, найдем n для ~~всех процессов~~ : $n_1 = \frac{5 - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} = \infty$ $n_2 = \frac{5 - \frac{1}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{1}{2}} = 2$ $n_3 = \frac{5 - \frac{5}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{5}{2}} = -1$

Найдём p_2, V_2 : $p_1 V_1 = \gamma R T_1 \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ $p_1 V_1 = p_2 V_2$ $p_1 = p_2$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 8V_1 \quad p_2 = p_1$$

p_3, V_3 : $p_1 V_1^{-1} = p_3 V_3^{-1} \Rightarrow \frac{p_1}{p_3} = \frac{V_1}{V_3}$ $\frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{T_1}{T_3}$

$$\frac{V_1}{V_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad V_3 = V_1 \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} = 2V_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

Тип постоянной теплоемкости γ процесс изотерм:

$pV^n = \text{const}$, где $n = \frac{C_p - C}{C_v - C}$ найдем n для процессов:

$$n_1 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} \rightarrow \infty \quad n_2 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{1}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{1}{2}} = 2 \quad n_3 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{4}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{4}{2}} = -1$$

для 1-2: $p_1 V_1^\infty = p_2 V_2^\infty \Rightarrow V_1 = V_2$ $\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{\gamma R T_1}{\gamma R T_2}$

$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ $p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 8p_1$ $p_2 = 8p_1$ $V_1 = V_2$

для 2-3: $p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2$ $\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$ $\frac{V_2^2}{V_3^2} \cdot \frac{V_1}{V_3} = \frac{T_2}{T_3}$

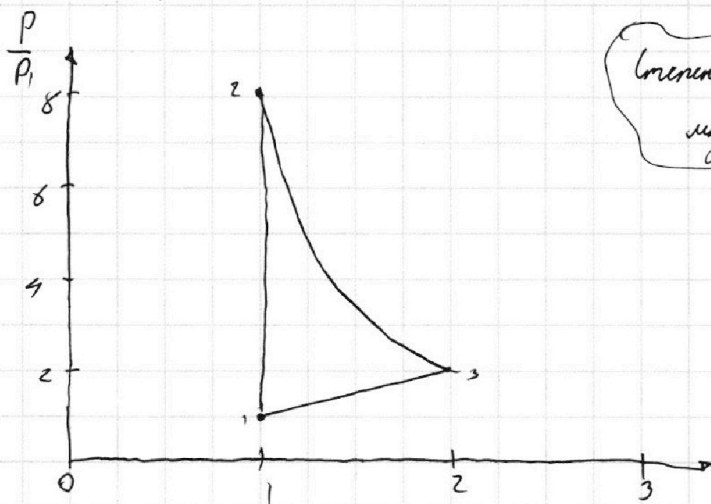
$V_3 = V_2 \cdot \frac{T_2}{T_3} = V_1 \cdot 2$

$p_3 = p_2 \cdot \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2 = 8p_1 \cdot \frac{1}{4} = 2p_1$

1-2 - прямая $\perp$ оси V_1

1-3 - прямая

$p_3 = p_2 \cdot \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2$, тогда 2-3 изотерм
функцией
 $p = p_2 V_2^2 \cdot \frac{1}{V^2}$
обратно пропорциональна



Изотерма нарисована
ладным

Ответ: $A_{61} = 2,5 \times 10^6$

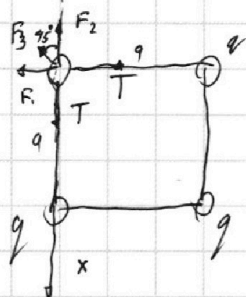
$\eta = \frac{5}{21}$

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!



N 5. а) Нарисуем силы, действующие на один шарик:



$$O_x: F_2 + F_3 \cdot \cos 45^\circ = T$$

В силу симметрии натяжение всех нитей будет равным.

$$F_3 = k \frac{q^2}{(\sqrt{2}a)^2} = k \frac{q^2}{2a^2} \quad F_2 = k \frac{q^2}{a^2}$$

$$k \frac{q^2}{a^2} + \frac{1}{2} k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = T$$

$$q^2 \cdot \frac{k}{a^2} \frac{\sqrt{2}+4}{4} = T$$

$$q = \sqrt{\frac{4a^2 T}{k(\sqrt{2}+4)}}$$

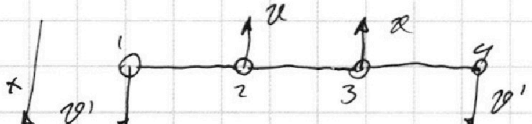
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow$$

$$q = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2}+4}}$$

б) Попробуем, что в силу симметрии у двух верхних шаров будет такая же энергия, а у двух нижних она одинакова между собой:
 Пусть у верхних - K_1 , а у нижних - K_2

$$ЗЧЭ: W_0 = 2K_1 + 2K_2 + W$$

W_0 - начальная энергия взаимодействия
 W - конечная.



По 3-му закону сохранения импульса:

$$2m v_{1x} + 2m v_{2x} = 0 \quad v_{1x}' = -v_{2x}'$$

значит в этот момент кин. энергия всех шариков равна K .

$$4K = W_0 - W = \sum_{i=1}^4 q (q_{i0} - q_i) = q \sum_{i=1}^4 (q_{i0} - q_i)$$

Пронумеруем шарики.

Изначальное у каждого шарика q_0 одинаково и равно:

$$q_0 = \frac{kq}{a} \cdot 2 + \frac{kq}{\sqrt{2}a} = \frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2}) \quad q_1 = q_4 = k \frac{q}{a} + k \frac{q}{2a} + \frac{kq}{3a} =$$

$$= \frac{kq}{6a} (6 + 3 + 2) = \frac{11}{6} \frac{kq}{a} \quad q_2 = q_3 = \frac{kq}{a} \cdot 2 + \frac{kq}{2a} = \frac{5kq}{2a}$$

$$4K = q \left(2 \left(\frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2}) \right) - \frac{11}{6} \frac{kq}{a} \right) + 2 \left(\frac{kq}{2a} (4 + \sqrt{2}) - \frac{5kq}{2a} \right) = q \left(2kq(4 + \sqrt{2}) - \frac{11}{3} \frac{kq}{a} - 5 \frac{kq}{a} \right) = \frac{kq^2}{a} \left(8 + 2\sqrt{2} - \frac{11}{3} - 5 \right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{1}{3} (9 + 6\sqrt{2} - 11) = \frac{kq^2}{3a} (6\sqrt{2} - 2)$$

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!

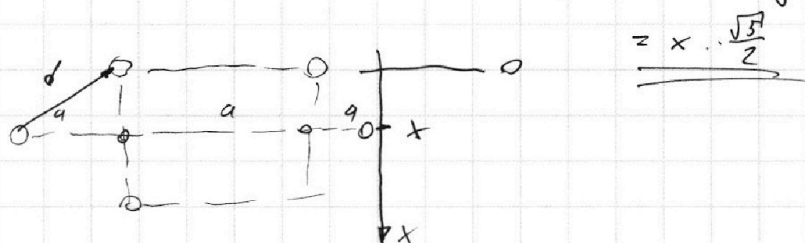


$$K = \frac{kq^2}{12a} (6\sqrt{2} - 2)$$

в) Так как внешние силы не действуют, а как мы видели в предыдущем пункте:

$U_{12} = U_{13} \Rightarrow \Delta X_{14} = -\Delta X_{23}$ Пусть $x_0 = 0$ в т., где находятся находящиеся шары, т.к. шары на одной прямой

на координатной оси, обозначим ее x
 $x = -(x + a) \quad x = \frac{a}{2}$, тогда $d = \sqrt{x^2 + a^2} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + a^2} =$



Ответ: Возвращаясь к d): мы получили $K = \frac{kq^2}{12a} (6\sqrt{2} - 2)$
подставим q : $K = \frac{6\sqrt{2} - 2}{12a} \cdot \frac{k \cdot 4a^2 T}{k(4 + \sqrt{2})} = \frac{6\sqrt{2} - 2}{12 + 3\sqrt{2}} a T$

Ответ: $q = 4a \sqrt{\frac{\pi T \epsilon_0}{\sqrt{2} + 4}} \quad K = \frac{6\sqrt{2} - 2}{12 + 3\sqrt{2}} a T$
 $d = x \cdot \frac{\sqrt{5}}{2}$



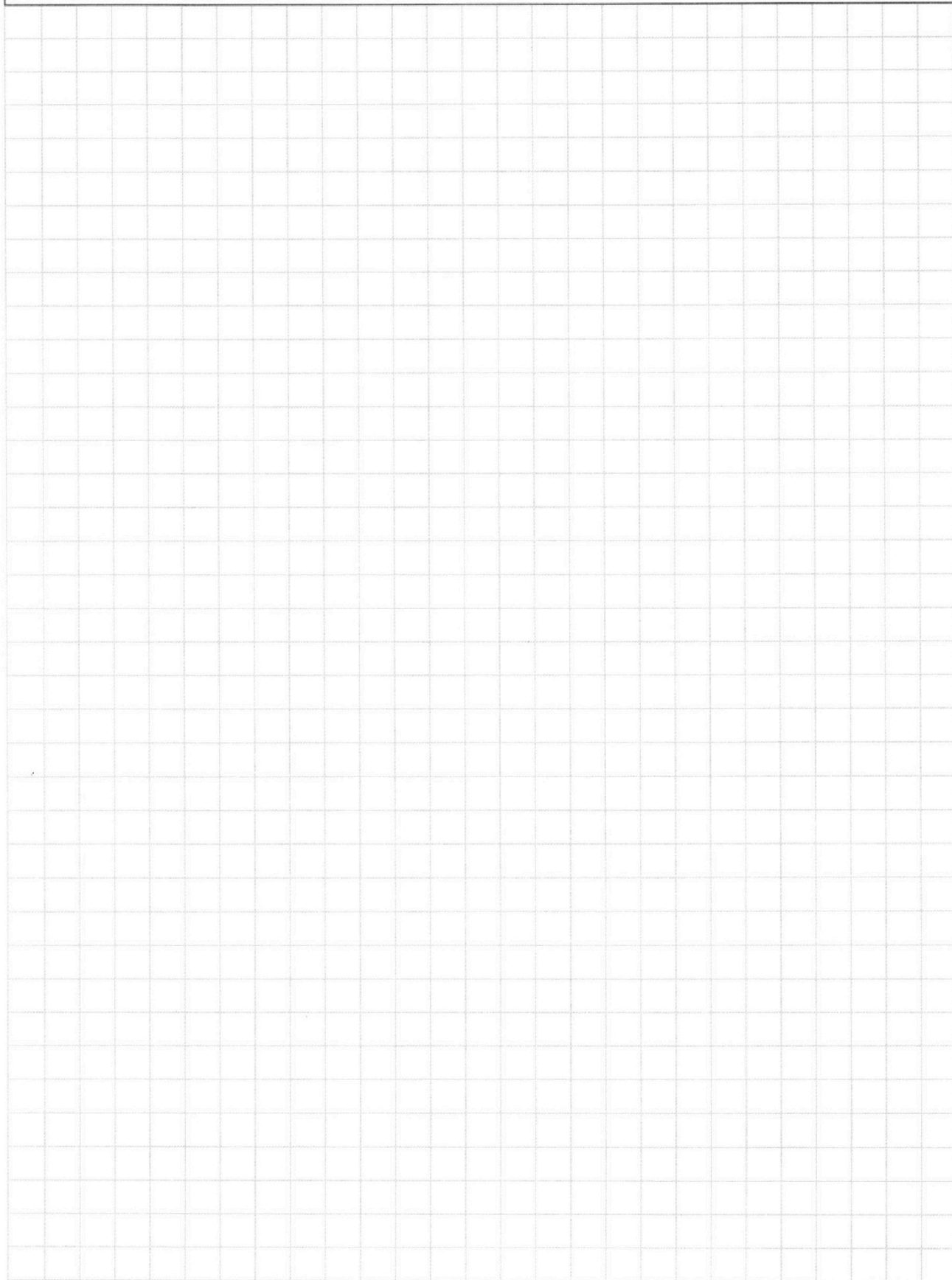
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



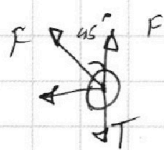
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МОФТИ

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



$$T = F_1 + F_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = F_1 = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$= \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2 \sqrt{2}}{4a} = \frac{kq^2 (4 + \sqrt{2})}{4a}$$

$$q = \frac{4aT}{k(4 + \sqrt{2})}$$

$$q_0 = \frac{kq}{a} \cdot 2 + \frac{kq}{\sqrt{2}a} =$$

$$= \frac{kq \cdot 4}{2a} + \frac{kq \sqrt{2}}{2a} = \frac{kq (4 + \sqrt{2})}{2a}$$

$$q_1 = q_4 = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{2a} = \frac{kq}{6a} (6 + 3 + 3) = \frac{11}{6} \frac{kq}{a}$$

$$q_2 = q_3 = \frac{kq}{a} \cdot 2 + \frac{kq}{2a} = \frac{5kq}{2a}$$

$$A = 4q_0 - q_1 - q_2 - q_3 - q_4 = \frac{kq}{a} \left(4(4 + \sqrt{2}) - \frac{11}{6} \cdot 2 - \frac{5}{2} \cdot 2 \right) =$$

$$= \frac{kq}{a} \left(16 + 4\sqrt{2} - \frac{11}{3} - 5 \right) = \frac{kq}{a} \cdot \frac{1}{3} (24 + 6\sqrt{2} - 11 - 15) =$$

$$= \frac{kq}{a} \cdot \frac{1}{3} (24 + 6\sqrt{2} - 11 - 15) = \frac{kq}{a} \cdot \frac{1}{3} (6\sqrt{2} - 2)$$

$$k = \frac{kq^2}{4a} \cdot \frac{1}{3} (6\sqrt{2} - 2)$$

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

$$q = \sqrt{\frac{4a^2 T}{k(\sqrt{2} + 4)}} = 4a \sqrt{\frac{\pi T \epsilon_0}{\sqrt{2} + 4}}$$

$$q^2 = 16a^2 \frac{\pi T \epsilon_0}{\sqrt{2} + 4}$$

$$K = \frac{6\sqrt{2} - 2}{3\sqrt{2}} \cdot \frac{kq^2}{a} = \frac{6\sqrt{2} - 2}{3(\sqrt{2} + 4)} a T$$

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!

МФТИ

$$n_1 = \frac{5-3}{3-3} = \infty$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{v_1}{v_3} \quad \frac{p_1 v_1}{p_3 v_3} = \frac{T_1}{T_3} \quad \frac{v_1}{v_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad v_3 = v_1 \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = 2v_1$$

$$p_3 = p_1 \cdot \frac{v_3}{v_1} = 2p_1$$

$$p_2 v_2^2 = p_3 v_3^2$$

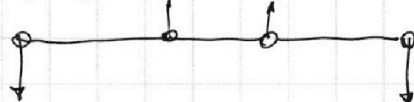
$$p_3 = p_2 \cdot \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^2$$

$$p = \frac{p_1}{v_1} \cdot v$$



$$Q_+ = 1,5 \cdot 7 = 7 + 3,5 = 10,5$$

$$Q_- = 2 \cdot 3 + 0,5 \cdot 4 = 6 + 2 = 8$$



$$A_{31} = 1 \cdot 3 T_1 \cdot 0,5 R =$$

$$= 1 \cdot 3 \cdot 200 \cdot 0,5 R =$$

$$p_2 = p_3 \cdot 4 = 300R$$

$$p_3 = \frac{p_2}{4} = \frac{8p_1}{4} = 2p_1$$

$$p_2 v_2^2 = p_3 v_3^2 \quad 2p_1$$

$$\sqrt{200} \cdot \sqrt{\frac{200}{100} - \frac{22}{10}} = \sqrt{200} \cdot \sqrt{2 - 2,2} = \sqrt{200} \cdot \sqrt{1,28} = \sqrt{256} = 16$$

$$8,31 \cdot 3 = 24,93$$

$$p_2 v_2^2 = p_3 v_3^2$$

$$\eta = \frac{10,5 - 8}{195} = \frac{2,5}{195} = \frac{5}{21}$$

$$\frac{p_2 v_2}{p_3 v_3} = \frac{T_2}{T_3} \quad \frac{v_3}{v_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$1-2 \quad v = \text{const}$$

$$2-3 \quad p v^2 = \text{const}$$

$$v_3 = v_2 \cdot \frac{T_2}{T_3} = 2v_1$$

$$3-1 \quad \frac{p}{v} = \text{const}$$

$$p_1 v_1^2 = p v_2^2 \quad p = p_1 v_1^2 \cdot \frac{1}{v_2^2}$$

$$v_1 = v_2$$

$$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} \quad p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 8p_1$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{v_1}{v_3}$$

$$\frac{p_1 v_1}{p_3 v_3} = \frac{T_1}{T_3} \quad \frac{v_1}{v_3} = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} \quad v_3 = v_1 \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = 2v_1$$

$$p_3 = p_1 \cdot \frac{v_3}{v_1} = 2p_1$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐



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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐



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

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

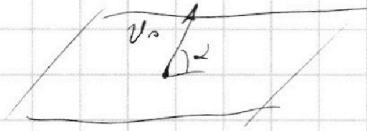
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

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



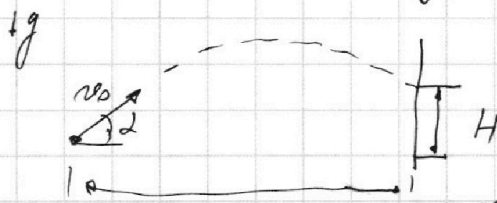
$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

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

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}}$$

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



$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = S \cdot \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$S (\tan \alpha)' = \left(\frac{S \sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$

$$H(\alpha) = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$

$$0 = \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{gS^2}{v_0^2} \cdot 2 \tan \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{gS}{2v_0^2} \cdot 2 \tan \alpha = 1$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} + \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$S^2 = \frac{2v_0^2}{g} \left(H - \frac{v_0^2}{2g} \right)$$

2.

K

$$1) N = mg - F \sin \alpha$$

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

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

$$2) N = mg$$

$$F \cos \alpha = \mu mg$$

$$- \mu mg \sin \alpha + F \sin \alpha = K$$

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

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

$$F = m \frac{dv}{dt}$$

$$K = \mu mg \sin \alpha$$

Реш.

$$F \cos \alpha - \mu mg \sin \alpha +$$

$$F_a = F - \mu mg$$

$$ma = F - \mu mg$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{1/3}{1/2} = \frac{2}{3}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$Q_{31} = A_{31} + \gamma R (T_1 - T_3)$$

$$C \gamma (T_1 - T_3) = A_{31} + \gamma R (T_1 - T_3)$$

$$A_{31} = \gamma (T_1 - T_3) (C - R)$$

$$C \gamma dT = p dV + \frac{\gamma}{2} \gamma R dT$$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$C \gamma = p \frac{dV}{dT} + \frac{\gamma}{2} \gamma R$$

$$Q_{12} = 10,5 T_1 R$$

$$Q_{31} = 2 R \cdot 3 T_1 = 6 R$$

$$\frac{p dV + V dp}{\gamma R} = p dV + \frac{C_V}{R} p dV + \frac{C_V}{R} V dp \quad \frac{2,5}{10,5}$$

$$Q_{23} = 0,5 R (8 - 4) T_1 = 2 R \quad p dV + V dp = \gamma R dT$$

$$(p dV + V dp) \frac{C}{R} = p dV + \frac{C_V}{R} p dV + \frac{C_V}{R} V dp \quad p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2$$

$$\frac{V_3}{V_2}$$

$$p dV + V dp = p dV R + C_V p dV + C_V V dp \quad \frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{p_3}{p_1} = \frac{V_1^2}{V_3^2}$$

$$C p dV + V dp C = p dV \cdot C_p + V dp \cdot C \quad \frac{V_2}{V_3} \frac{V_3^2}{V_2^2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$- V dp (C_V - C) = p dV (C_p - C)$$

$$V_3 = V_2 \cdot \frac{T_2}{T_3}$$

$$V dp = p dV \frac{C_p - C}{C - C_V}$$

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

$$p_1 V_1^n = p_2 V_2^n$$

$$\frac{p_2 V_3}{p_1 V_1} = \frac{T_3}{T_1}$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{dV}{V} \cdot \frac{C_p - C}{C - C_V} = n$$

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

$$p_2 V_3$$

$$n_1 = \frac{\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{3}{2}} = 0$$

$$p_1 = p_2$$

$$n_2 = \frac{\frac{3}{2} - \frac{4}{2}}{\frac{3}{2} - \frac{4}{2}} = -1$$

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

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

$$\frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$n_3 = \frac{\frac{3}{2} - \frac{4}{2}}{\frac{5}{2} - \frac{1}{2}} = \frac{4}{2} = 2$$

$$p_2 V_2 = \gamma R T_2$$

$$p_3 V_3 = \gamma R T_3$$

$$p_1 V_1 = \gamma R T_1$$

$$p_1 V_2 = \gamma R T_2 \quad \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^2 = \frac{T_3}{T_2} = \frac{1}{2}$$

$$p_1 V_1 = \gamma R T_1$$

$$p_3 V_3 = \gamma R T_3$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = 8 V_1$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{8}{\sqrt{2}} V_1$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{V_2 p_3}{V_1 p_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{1}{2}$$

$$p_1 V_1^2 = p_3 V_3^2$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_3 V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2$$

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

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_2}{T_3}$$