



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.

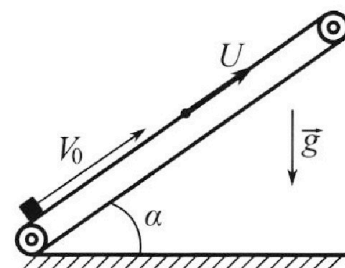
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

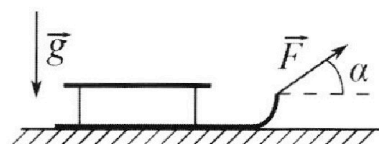
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.

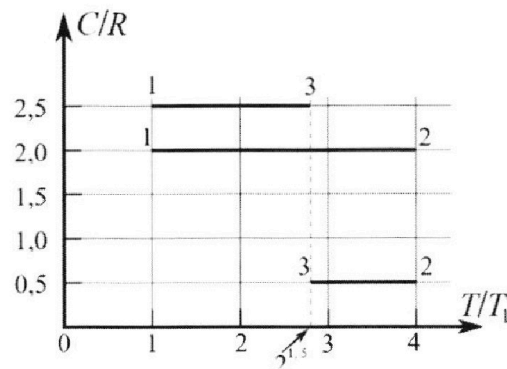


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

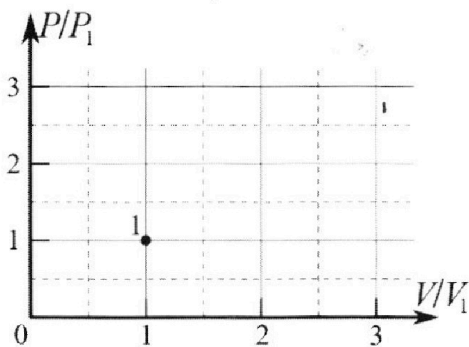
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



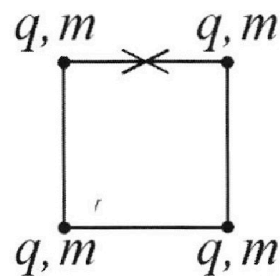
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.

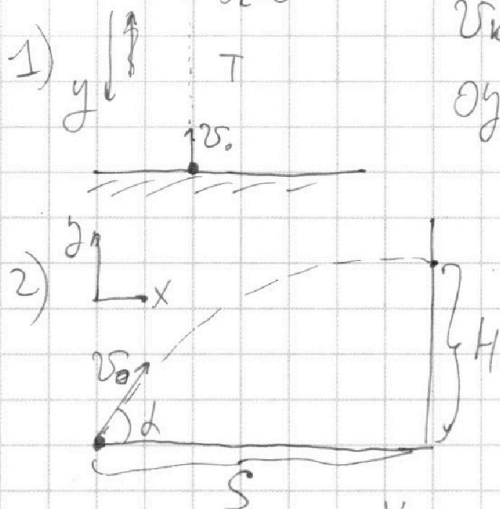
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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



2.1

Дано:
 $T = 2\text{ с}$
 $S = 20\text{ м}$
 $g = 10\text{ м/с}^2$
1) $v_0 = ?$
2) $H_{\text{max}} = ?$



$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{g}T$$

$$Oy: 0 = -v_0 + gT$$

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

$$Oy: y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$Ox: x = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

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

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

$$y(x) = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$$

В момент загре: $x = S$, $y(S) = H$.

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

$$H'_{\tan \alpha} = 0 \Rightarrow 0 = S - \frac{gS^2}{v_0^2} \cdot \tan \alpha \Rightarrow 0 = 1 - \frac{gS}{v_0^2} \tan \alpha$$

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

$$\text{Тогда } H_{\text{max}} = S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left(1 + \frac{v_0^4}{g^2 S^2} \right)$$

$$H_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{gS^2 \cdot v_0^4}{2v_0^2 g^2 S^2}$$

$$H_{\text{max}} = \frac{gT^2}{2} - \frac{gS^2}{2gT^2} = \frac{gT^2}{2} - \frac{S^2}{2gT^2}$$

$$H_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{400}{20} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} =$$

$$= 15 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: 1) } v_0 = gT = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 2) H_{\text{max}} = 15 \text{ м}; 3) H_{\text{max}} = \frac{gT^2}{2} - \frac{S^2}{2gT^2} = 15 \text{ м.}$$

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!

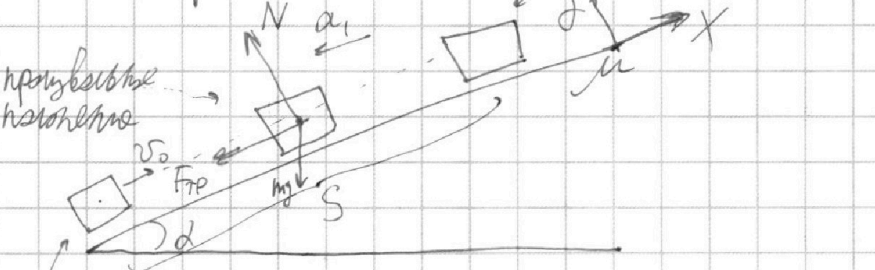


22

Дано:
 $\sin \alpha = 0,8$
 $v_0 = 4 \frac{m}{c}$
 $\mu = \frac{1}{3}$
 $U = 2 \frac{m}{c}$
 $S = 10 \frac{m}{c}$
 $L = 10 \frac{m}{c}$

1) $T = ?$
 2) $L = ?$
 3) $H = ?$

1) В первом опыте:



второго опыта

2) Второй опыт:

$$Ox: -(F_{тр} + mg \sin \alpha) = -ma_1 \Rightarrow F_{тр} + mg \sin \alpha = ma_1$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$F_{тр} = \mu N$$

$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma_1$$

$$a_1 = g$$

$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma_1$$

$$a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$S = v_0 T + \frac{a_1 T^2}{2}$$

$$S = v_0 T + \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T^2}{2}$$

$$Ox: S = v_0 T + \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T^2}{2}$$

$$-g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T^2 + 2v_0 T - 2S = 0$$

$$g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T^2 - 2v_0 T + 2S = 0$$

$$4v_0^2 - 4 \cdot g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot 2S = 4v_0^2 - 8gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

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!



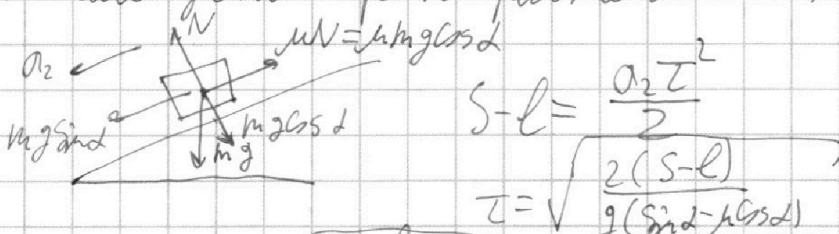
→ $T = \frac{2v_0 \pm \sqrt{4v_0^2 - 8gS(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$ Числовик

○ $4v_0^2 - 8gS(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 4 \cdot 16 - 8 \cdot 10 \cdot 1 \left(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6\right) =$
 $= 64 - 80 \cdot (0,8 + 0,2) = 64 - 80 = -16$

○ Найти максимальное расстояние, которое будет проехать вагончик после:

$l = \frac{v_k^2 - v_0^2}{-2a}$ $v_k = 0 \Rightarrow l = \frac{v_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{16}{2 \cdot 10 \cdot 1} = 0,8 \text{ м}$

и время: $t_1 = \sqrt{\frac{2l}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}}$
 Тогда после этого вагончик будет двигаться (S-l) вниз:



$S-l = \frac{a_2 t^2}{2}$
 $t = \sqrt{\frac{2(S-l)}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}}$

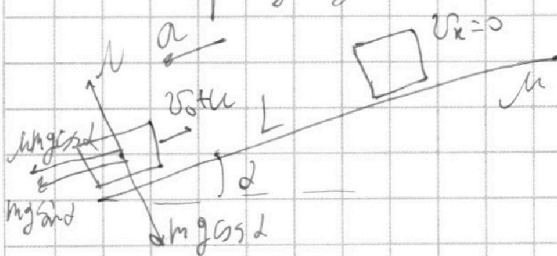
Тогда $T = t_1 + t = \sqrt{\frac{2l}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}} + \sqrt{\frac{2(S-l)}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}}$

$T = \frac{v_0}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} + \sqrt{\frac{2\left(S - \frac{v_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}\right)}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}} \approx 0,6 \text{ (с)}$

II) Вспомогательная:

Передать в СО движущуюся вместе с вагончиком, когда вагончик будет двигаться в том же направлении (v0 + u) или.

Когда скорость вагончика в СО Земли станет равной u, в СО вагончика вагончик будет стоять.



$a = g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$
 $L = \frac{(v_0 + u)^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{36}{20} = 1,8 \text{ м}$

→
 (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

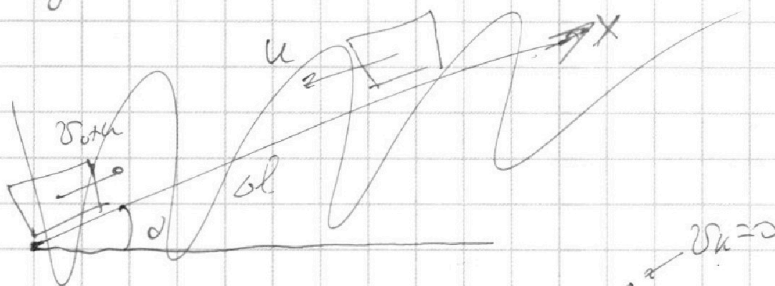
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



→ 0. Скорость воздуха в 0. Значит скорость равна нулю когда
скорость воздуха в 0. Пусть будет направлена вверх (вниз
летит) вниз (вверх летит) и равна 0.

$a' = u$ $v_{\text{air}} = 0$ $\rho l = \frac{m^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$ $\mu = 0.1$

$H = \frac{\rho l}{\sin \alpha}$ $H = \frac{\rho l}{\sin \alpha}$



$v_{\text{air}} = 0$ $v_{\text{air}} = 0$ $\rho l = \frac{(v_0 + u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$ $\Delta S = \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$

$H = \rho l \sin \alpha - \Delta S \sin \alpha = \left(\frac{(v_0 + u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} \right) \sin \alpha$
 $= 1.2 \text{ м.}$

Пример: 1) $T = \frac{v_0}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \sqrt{\frac{2\left(5 - \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}\right)}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}} \approx 0.6 \text{ с}$

2) $L = \frac{(v_0 + u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 1.8 \text{ м}$

3) $H = \left(\frac{(v_0 + u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} \right) \sin \alpha = 1.2 \text{ м}$

(4)

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!



23

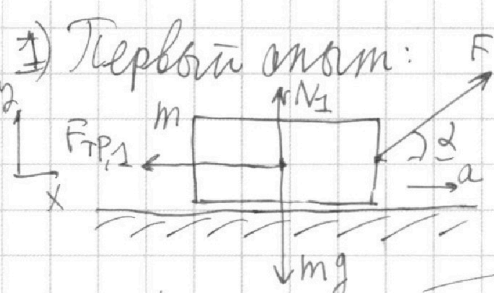
Исходник

Дано:

α, β

1) $\mu = ?$

2) $T = ?$



1) Силы известны, знаем

$$F_{тр1} = \mu N_1$$

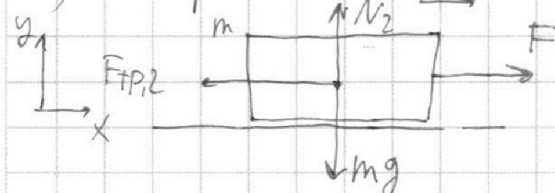
2) Второй закон Ньютона:

$$Oy: F \sin \alpha + N_1 - mg = 0 \Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha$$

$$Ox: F \cos \alpha - \mu N_1 = ma_1$$

$$\text{Тогда } F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = ma_1 \Rightarrow a_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)}{m}$$

II) Второй закон Ньютона:



1) Силы известны, знаем

$$F_{тр2} = \mu N_2$$

2) Второй закон Ньютона:

$$Oy: N_2 - mg = 0 \Rightarrow N_2 = mg$$

$$Ox: F - \mu N_2 = ma_2$$

$$\text{Тогда } F - \mu mg = ma_2 \Rightarrow a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}$$

III) В обоих случаях у шариков одинаковая начальная скорость (равна нулю) и одинаковое время движения до скорости v_0 .

$$\text{Тогда } a_1 = a_2 \Rightarrow \frac{F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)}{m} = \frac{F - \mu mg}{m}$$

$$F \cos \alpha - \cancel{\mu mg} + \mu F \sin \alpha = F - \cancel{\mu mg}$$

$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F \quad | : F$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1 \Rightarrow \mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (5)$$

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

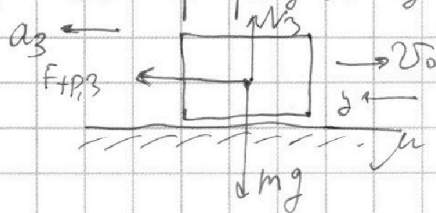
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

IV) После прекращения действия внешней силы: Черновик



1) $N_3 = mg \Rightarrow F_{тр3} = \mu mg$
 $F_{тр3} = \mu N_3$

2) Вспомог. уравнение:

Оу: $F_{тр3} = ma_3$

$\mu mg = ma_3 \Rightarrow a_3 = \mu g$

3) $\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}_3 T$ (м.к. движение равноускоренное)

Оз: $0 = v_0 - \mu g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} \Rightarrow T = \frac{v_0}{\frac{1-\cos d}{\sin d} \cdot g} \Rightarrow T = \frac{v_0 \sin d}{g(1-\cos d)}$

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

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



24

уставик

$$1) C_{12} = 2R \Rightarrow Q_{12} = 2\sqrt{2}R(T_2 - T_1) \\ \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\sqrt{2}R(T_2 - T_1)$$

$$\text{Поэтому } A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \frac{1}{2}\sqrt{2}R(T_2 - T_1) = \frac{1}{2}\sqrt{2}R(4T_1 - T_1) = \underline{\underline{\frac{3}{2}\sqrt{2}RT_1}} \\ = \frac{3}{2} \cdot 831 \cdot 400 = 498600 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}}$$

$$\circ A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2}\sqrt{2}R(T_3 - T_2) - \frac{3}{2}\sqrt{2}R(T_3 - T_2) = \\ = \frac{1}{2}\sqrt{2}R(T_3 \cdot 2\sqrt{2} - 4T_2) - \frac{3}{2}\sqrt{2}R(2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) = \\ = -\sqrt{2}RT_1(2\sqrt{2} - 4)$$

$$\circ A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = \frac{5}{2}\sqrt{2}R(T_3 - T_1) - \frac{3}{2}\sqrt{2}R(T_3 - T_1) = \\ = \sqrt{2}R(T_3 - T_1) = \sqrt{2}R(2\sqrt{2}T_1 - T_1) = \sqrt{2}RT_1(2\sqrt{2} - 1)$$

$$\circ Q_{12} = 2\sqrt{2}R(T_2 - T_1) = 6\sqrt{2}RT_1$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\frac{3}{2}\sqrt{2}RT_1 + (-\sqrt{2}RT_1(2\sqrt{2} - 4)) + \sqrt{2}RT_1(2\sqrt{2} - 1)}{6\sqrt{2}RT_1} = \frac{\frac{3}{2} - 2\sqrt{2} + 4 + 2\sqrt{2} - 1}{6} =$$

$$= \frac{4.5}{6} = \frac{45}{60} = \frac{3}{4} = 0.75$$

3) Если процесс изотермический, то $pV^{\frac{C_p - C_v}{C_v}} = \text{const}$

$$\textcircled{1} - \textcircled{2}: C_{12} = 2R \Rightarrow pV^{\frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R}} = \text{const} \Rightarrow pV^{-1} = \text{const} \Rightarrow \underline{\underline{p \sim V}}$$

$$\textcircled{2} - \textcircled{3}: C_{23} = \frac{R}{2} \Rightarrow pV^{\frac{\frac{R}{2} - \frac{5}{2}R}{\frac{R}{2} - \frac{3}{2}R}} = \text{const} \Rightarrow pV^2 = \text{const} \Rightarrow \underline{\underline{p \sim V^{-2}}}$$

$$\textcircled{3} - \textcircled{1}: C_{31} = \frac{5}{2}R \Rightarrow pV^{\frac{\frac{5}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{5}{2}R - \frac{3}{2}R}} = \text{const} \Rightarrow pV^0 = \text{const} \Rightarrow \underline{\underline{p = \text{const}}}$$

7



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

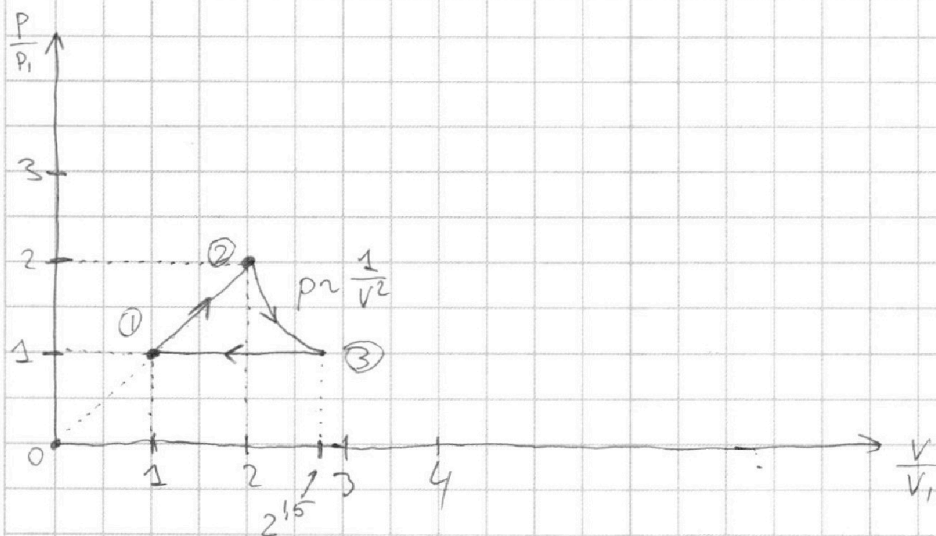
5
☐

6
☐

7
☐

МФТИ

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



Решен: 1) $A_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{RT_1} = 4986 \text{ Дж}$

2) $\eta = \sqrt{\frac{13}{20}} = 0.81$

2) $\eta = \frac{3}{4} = 0.75$

8

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

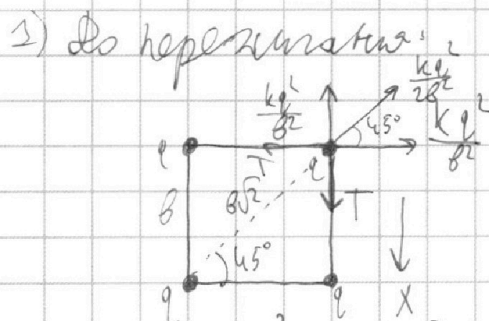
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Чистовик

25

Дано:
 δ, m, g
1) $T = ?$
2) $v = ?$
3) $d = ?$

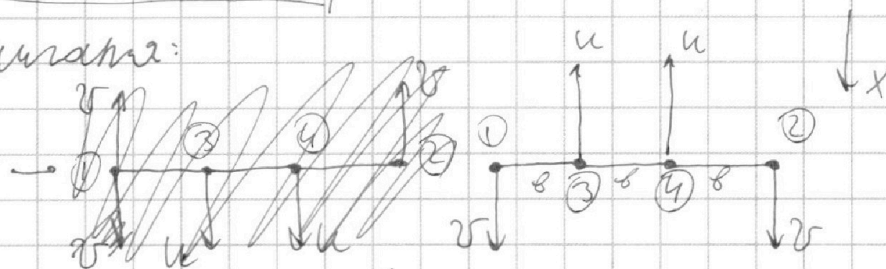
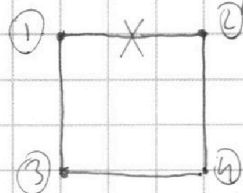


$$\text{УЗН } (\odot x): T - \frac{k\delta^2}{\delta^2} - \frac{k\delta^2}{2\delta^2} \cdot \sin 45^\circ = 0$$

$$T = \frac{k\delta^2}{\delta^2} + \frac{k\delta^2}{2\delta^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

2) По симметрии:



Из симметрии задачи можно утверждать, что $v_1 = v_2 = v$
 $v_3 = v_4 = u$

Закон сохранения импульса по всей системе по $\odot x$:

$$0 = 2mv - 2mu \Rightarrow v = u = v_0$$

Закон сохранения энергии по всей системе:

$$\frac{k\delta^2}{\delta} + \frac{k\delta^2}{2\delta} + \frac{k\delta^2}{\delta\sqrt{2}} + \frac{k\delta^2}{\delta} + \frac{k\delta^2}{\delta} = \frac{k\delta^2}{\delta} + \frac{k\delta^2}{2\delta} + \frac{k\delta^2}{3\delta} + \frac{k\delta^2}{\delta} + \frac{k\delta^2}{2\delta} + \frac{k\delta^2}{\delta} +$$

$$+ \frac{4mv_0^2}{2} \Rightarrow \frac{k\delta^2}{\delta\sqrt{2}} + \frac{k\delta^2}{\delta} = \frac{k\delta^2}{\delta} + \frac{k\delta^2}{3\delta} + 2mv_0^2 \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$2mv_0^2 = \frac{k\delta^2}{\delta} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} \right) \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{k\delta^2}{2m} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} \right)}$$

(9)

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

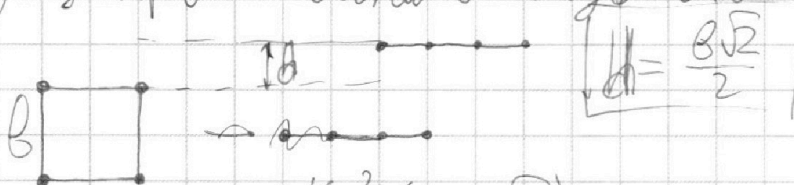
МФТИ

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{kq^2(\frac{3\sqrt{2}-2}{8})}{2m\ell}} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{kq^2(3\sqrt{2}-2)}{12m\ell}}$$

мксвх

3) Центр масс системы неподвижен.



ответ: 1) $T = \frac{kq^2}{8^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$

2) $v_0 = \sqrt{\frac{kq^2(3\sqrt{2}-2)}{12m\ell}}$

3) б) 3) $d = \frac{8\sqrt{2}}{2}$

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!



Черновик

$$h_{\max} = S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left(1 + \frac{v_0^4}{g^2 S^2} \right)$$

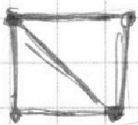
$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{gS^2 v_0^2}{2v_0^2 g^2 S^2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g} =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{400}{20} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} = \frac{400}{2} - 5 =$$

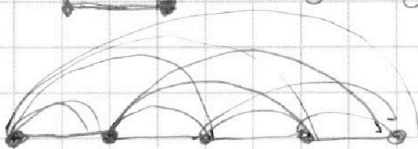
$$= 19.5$$

$$h_{\max} = \frac{g^2 T^2}{2g} - \frac{gS^2}{2g^2 T^2} = \frac{gT^2}{2} - \frac{S^2}{2gT^2} = 4000 - \frac{400}{2 \cdot 20} =$$

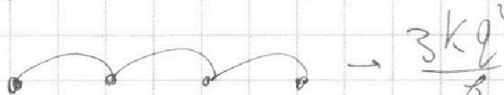
$$= \frac{10 \cdot 4}{2} - \frac{400}{2 \cdot 10 \cdot 4} = 40 - \frac{400}{80} = 40 - \frac{20}{4} = 35$$



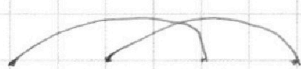
$$\frac{4kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{8} \left(4 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$



$$\frac{4kq^2}{8} + \frac{3kq^2}{28}$$

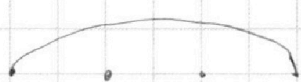


$$\rightarrow \frac{3kq^2}{8}$$



$$\rightarrow \frac{2kq^2}{28} = \frac{kq^2}{8}$$

$$= \frac{4kq^2}{8} + \frac{1}{3} \frac{kq^2}{8} = \frac{13kq^2}{8}$$



$$\Rightarrow \frac{kq^2}{36}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

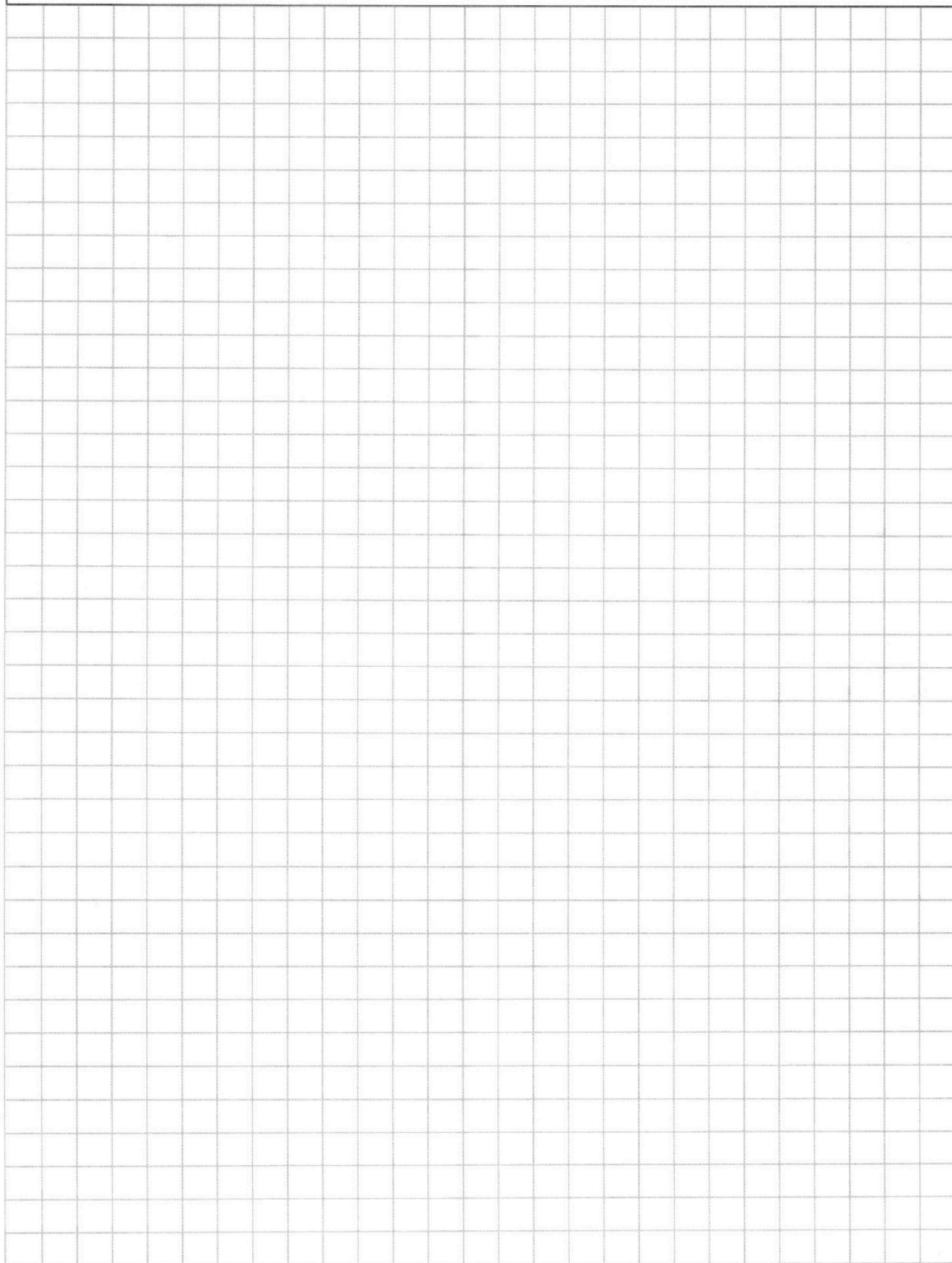
5
☐

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.

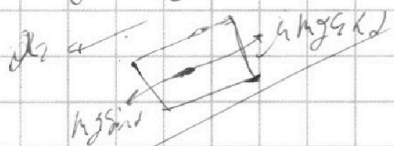
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

$$S = \frac{v_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{16}{20 \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5})} = 0,8 + 0,2 = 1 = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$$



$$l = \frac{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) t^2}{2}$$

(черновик)

$$\sqrt{\frac{2}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}} \cdot \frac{v_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2}} = \frac{v_2}{2(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

$$t_1 = \frac{1}{10} = 0,4 \text{ с} \quad \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} = \frac{3\sqrt{2}-2}{6}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10(0,8 - 0,2)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10 \cdot 0,6}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,4}{6}} = \sqrt{\frac{2}{30}} = \sqrt{\frac{1}{15}} = \frac{\sqrt{15}}{15}$$

$9 < 15 < 16$
 $3 < \sqrt{15} < 4$

$$\begin{array}{r} 19 \overline{) 75} \\ \underline{190} \\ 190 \\ \underline{190} \\ 0 \end{array}$$

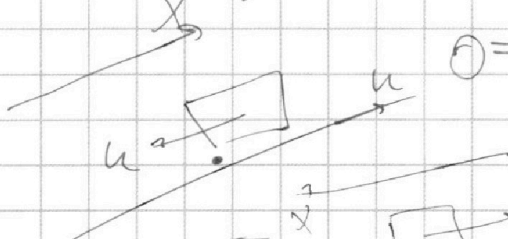
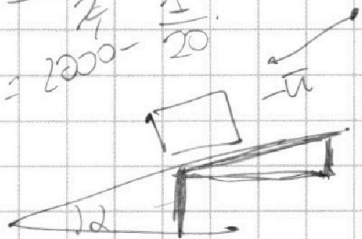
$$\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} = \frac{3,8}{15} = \frac{38}{150} = \frac{19}{75}$$

$$\begin{array}{r} 10 \cdot 400 \\ \underline{2} \\ 2000 - \frac{1}{20} \end{array}$$

$$\text{ay: } \vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_0 - \vec{u}$$

$$\text{ax: } \vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_0 + \vec{u}$$

$$0 = -u + u$$



$$\left(1,8 - \frac{4}{20(0,8 - 0,2)}\right) \cdot 0,8$$

$$\left(1,8 - \frac{4}{20 \cdot 0,6}\right) \cdot 0,2 = \left(1,8 - \frac{1}{3}\right) \cdot 0,8 = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ м}$$

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!



Решение

1) $C = 2R$

$\frac{1}{2} - \frac{3}{2} = -1 \quad C = C_V + \frac{R}{2} = 2R \quad (p \sim V)$

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

$p_1 V_1 = 2RT_1$

2) $C = \frac{R}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} R \frac{1}{2} V R \Delta T = \frac{3}{2} V R \Delta T + A$

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

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

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

1) $A_{12} = ?$

$C_{12} = 2R \Rightarrow Q_{12} = 2\sqrt{2} R \Delta T \quad Q_{12} = 2\sqrt{2} R (T_2 - T_1)$

$Q_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{2} R (T_2 - T_1)$

$A_{12} = \frac{1}{2} \sqrt{2} R (T_2 - T_1)$

1-2: $C = 2R \Rightarrow p \sim V$

2) $\eta = ? \quad ; \quad \eta =$

2-3: $C = \frac{1}{2} R$

$C_{32} V \Delta T \quad \frac{1}{2} \sqrt{2} R \Delta T = \frac{3}{2} \sqrt{2} R \Delta T + p \Delta V$

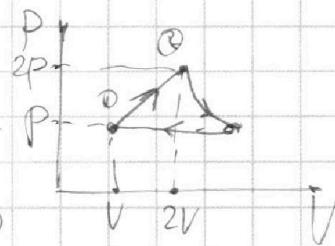
$p dV = -\sqrt{2} R dT$

$V \sim \sqrt{2} T$

$p dV + V dp = \sqrt{2} R dT$

$p dV = -p dV - V dp$

$2p dV = -V dp \Rightarrow$



$pV^n = \text{const} \Rightarrow pV^{\frac{C-C_p}{C-V}} = \text{const} : 3-1: pV^{\frac{1/2 - 5/2}{1/2 - 3/2}} = \text{const}$

$\frac{1}{2} - \frac{5}{2} = -2 \quad \Rightarrow pV^2 = \text{const}$

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

2-3: $p \sim V$

2-3: $\frac{C-C_p}{C-C_V} = \frac{5/2 - 3/2}{3/2 - 1/2} = 0$

$pV^0 = \text{const} \Rightarrow p = \text{const}$

1-2: $\frac{C-C_p}{C-C_V} = \frac{1/2 - 5/2}{1/2 - 3/2} = \frac{-2}{-1} = 2 \quad \frac{2 - 5/2}{2 - 3/2} = \frac{-1/2}{1/2} = -1$