



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.

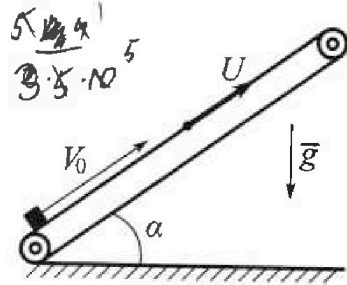
✕ * 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление в воздухе считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

$$V_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{V_0 \cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{g S^2 \tan^2 \alpha}{2 V_0^2}$$

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.

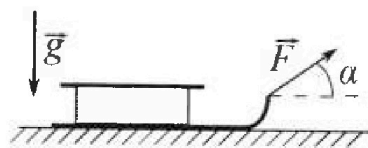
✕ * 2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

✕ * 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.

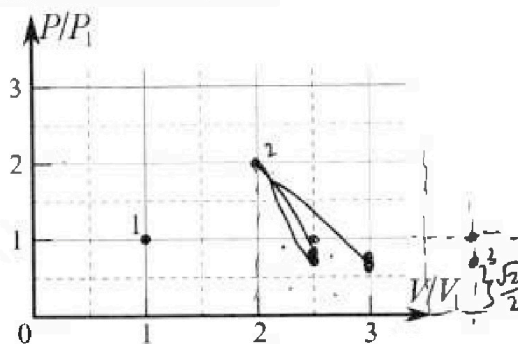
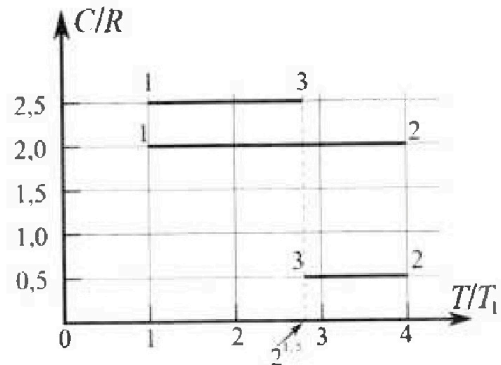


4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

××1) Найдите работу A_2 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.



$$2 \cdot \frac{2 + \sqrt{2}}{2} = \frac{4 + \sqrt{2}}{2}$$



$$2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{1}$$

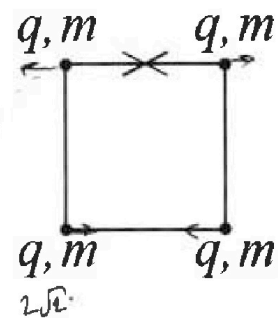
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

××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 вверху (на рисунке)?



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

$$P_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2} = 1$$
$$2\sqrt{2} = 3 \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2}$$
$$P_2 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2} = 1$$
$$4 - 2\sqrt{2} = 1.41 - 2.82 = -1.41$$
$$7.82 / 3 = 2.60$$
$$7.82 / 20 = 0.39$$
$$4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 2.82$$
$$2 + 1.5 = 3.5$$
$$3 \cdot 0.15 = 0.45$$
$$-(2^{1.5} - 1) \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{2} - 1}{2} = -1.41$$
$$2\sqrt{2} - 1 = 2.82 - 1 = 1.82$$
$$2(2 - \sqrt{2})^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 1.41$$
$$\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.375$$
$$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} + \frac{2}{5} = 1 + 0.4 = 1.4$$
$$\frac{1.5}{4} + \frac{2.1}{5} = 0.375 + 0.42 = 0.795$$
$$0.25 + 0.4 = 0.65$$

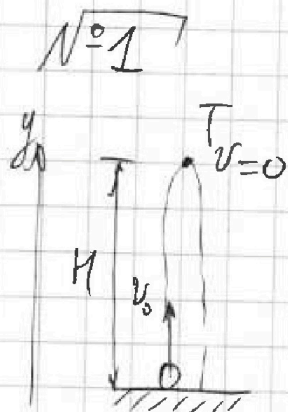


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!



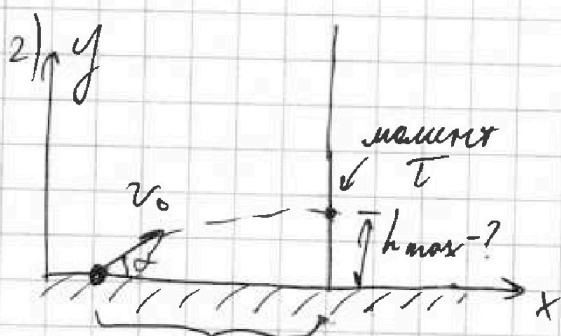
$v_0 = ?$

1) ~~$y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$~~

$v = v_0 - gt$

$0 = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = gT$

в наивысшей точке (на высоте H) $v_0 = 20 \frac{m}{c}$



~~$v_x = v_0 \cos \alpha$~~

~~$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$~~

~~$x = v_0 \cos \alpha t$~~

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

$\max S$
максимальная дальность полета

$L_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} = \frac{400}{10} = 40 m > S$

$\alpha = 45^\circ$

$x(\tau) = S$

$y(\tau) = h_{\max}$

$S = v_0 \cos \alpha \tau \Rightarrow \tau = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$

$h = v_0 \sin \alpha \tau - \frac{g\tau^2}{2}$

$h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$

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

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

$h = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2}$

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

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

~~$v_x = v_0 \cos \alpha$~~



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



МФТИ

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

$$h'_{tgL} = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha + S = 0$$

найти макс. h

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

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

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

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

$$h_{max} = \frac{400}{2 \cdot 10} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} = 20 - 5 = \underline{\underline{15 \text{ м}}}$$

Ответ: 1) $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $h_{max} = 15 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\sqrt{0.2}$$

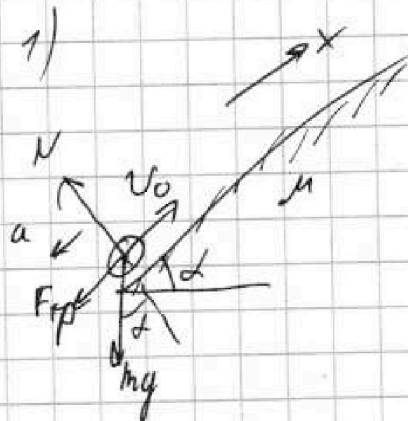
$$\sin \alpha = 0.4$$

$$v_0 = 4 \frac{m}{s}$$

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

$$S = 2m$$

$$T = ?$$



$$F_{tr} \leq \mu N$$

т.к. скольз.

$\Downarrow$

$$F_{tr} = \mu N$$

$$\text{из II } \Rightarrow N = mg \cdot \cos \alpha$$

на пер. ос. от начала отсч.

$$\sin \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{3}{5}$$

$$\text{из II } \Rightarrow$$

вдоль

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

на пер. ос. от начала отсч.

$\Downarrow$

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

$$a = \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right) g = g$$

оп.

$$S = v_0 T - \frac{a T^2}{2}$$

$$T^2 - \frac{2v_0}{a} T + \frac{2S}{a} = 0$$

$$T = \frac{v_0}{a} \pm \sqrt{\frac{v_0^2}{a^2} - \frac{2S}{a}}$$

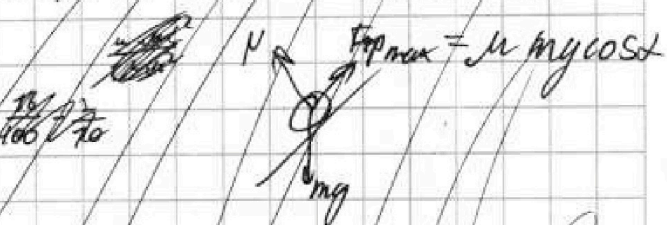
$$= \frac{v_0}{a} \pm \frac{v_0}{a} \sqrt{1 - \frac{2Sa}{v_0^2}}$$

т.к. $\frac{v_0}{a}$ — меньше, отсч.

$$T < \frac{v_0}{a}$$

$$\Rightarrow T = \frac{v_0}{g} (1 - \sqrt{1 - \frac{2gS}{v_0^2}}) = \frac{4}{10} (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2}{16}}) = \frac{4}{10} (1 - \sqrt{0.75})$$

проверим, будет ли использоваться коробка после остановки



$$F_{tr} = \mu mg \cos \alpha$$

$$ma' = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g\left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5}\right) = \frac{3}{5}g$$

$$\begin{aligned} -5x^2 + 4x + 1 \\ 5x^2 - 11x + 12 \\ 16 - 20 \end{aligned} \quad S = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{20}$$



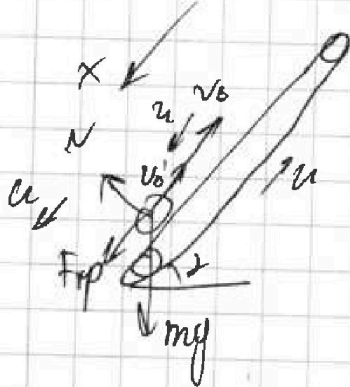
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

2)



$$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$$

1 к. скальар

В СО левых $v_0' = v_0 - u = 2 \frac{m}{c}$

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

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

Скорость коробки в ЛСО равна u , когда $v_0' = 0$

(В СО левых)

$$t_{\text{ост}} = \frac{v_0'}{a} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ c}$$

время ост

В СО левых

$$L_1 = v_0' t_{\text{ост}} - \frac{a t_{\text{ост}}^2}{2} = v_0' \cdot \frac{v_0'}{a} - \frac{v_0'^2}{2a}$$

$$L_1 = \frac{v_0'^2}{2a} = \frac{2^2}{2 \cdot 10} = 0,2 \text{ м}, \text{ то в ЛСО точка старта}$$

$$\text{еще на } L_2 = u t_{\text{ост}} = \frac{u v_0'}{a} = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ м}$$

$$L = L_1 + L_2 = 0,6 \text{ м}$$



3) В ЛСО $v=0$ при усл, что в СО левых $v' = -u$

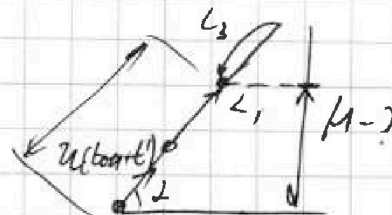
ускорение вниз $a' = \frac{3}{5}g$ из п.1) $\Rightarrow$ в СО левых

$$-u = -\frac{3}{5}g t' \Rightarrow t' = \frac{5u}{3g} = \frac{5 \cdot 2}{3 \cdot 10} = \frac{1}{3} \approx 0,333 \text{ c}$$

$$L_3 = \frac{a' t'^2}{2} = \frac{3 \cdot 1}{5 \cdot 2 \cdot 3} = \frac{1}{30}$$

$$x = u(t_{\text{ост}} + t') + L_1 - L_3 =$$

$$= 2 \left(\frac{2^{13}}{10} + \frac{1^{10}}{3} \right) + \frac{2^{13}}{10} - \frac{1}{30} = \frac{12+10+6-1}{30} = \frac{27}{30} = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ м}$$





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!

$$H = x \cdot \sin \alpha = 0,9 \cdot 0,8 = \underline{0,72 \text{ м}}$$

Ответ: 1) ~~0,6 м~~; 2) $L = 0,6 \text{ м}$; 3) $H = 0,72 \text{ м}$

$$T = \left(0,4 + \frac{\sqrt{L}}{16}\right) \approx 0,65 \text{ с}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

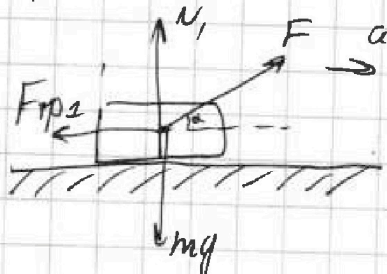
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$\sqrt{3}$

① t_1



$F_{fp1} = \mu N_1$
т.к. скат

$\parallel zH$: $N_1 - mg + F \sin \alpha = 0$

$N_1 = mg - F \sin \alpha$

$\parallel zH$

$m_1 a = F \cos \alpha - \mu N_1 = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)$

$\parallel zH$. скорость кат. стартует $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} - 0 = F \cos \alpha S - \mu (mg - F \sin \alpha) S$

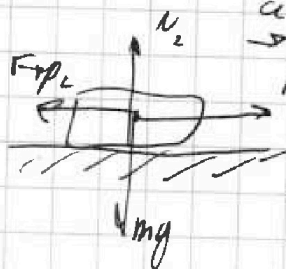
$\Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} - 0 = F S - \mu mg S$

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

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

$\sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 1 - \sin \alpha \Rightarrow 1 - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin \alpha + \sin^2 \alpha$
в кб. возр.

② t_2



$F_{fp2} = \mu N_2 = \mu mg$
т.к. скат

$\parallel zH$

$ma = F - \mu mg$

$t_1 = t_2 = t_0$

v_0 - одинак

a - одинак

S - одинак

пути равны

просто подставляем
вверх

$\uparrow$

$\alpha = 90^\circ$

$\sin \alpha = 1$

$\uparrow$

$2 \sin^2 \alpha = 2 \sin \alpha$



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. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

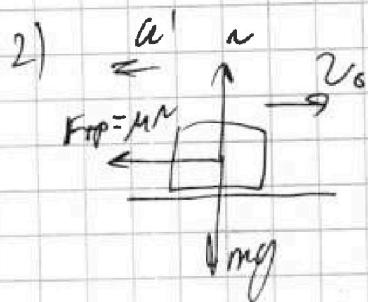
Уг. об. изм. кин. энергии

1) $\frac{mv_0^2}{2} - 0 = -mgs + FS$ $\alpha = 90^\circ$ (работа F и mg)

2) $\frac{mv_0^2}{2} - 0 = FS - \mu mgs$

1) - 2) $\Rightarrow 0 = -mgs + FS - FS + \mu mgs$

$\mu = 1$



$N = mg \Rightarrow \mu a' = \mu g \Rightarrow a' = \mu g$

$T = \frac{v_0}{a'} \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g}$

Ответ: 1) $\mu = 1$; 2) $T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g}$.



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

№ 4

$V = 1 \text{ моль}$

из графика

$$1) Q_{12} = \nu C_{12} \Delta T_{12} = V \cdot 2R \cdot 3T_1 = \underline{6VRT_1}$$

$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2}(4VRT_1 - VRT_1) = \underline{\frac{9}{2}VRT_1}$$

из 1-го нач. термодинам. $\Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \frac{3}{2}VRT_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = \underline{4986 \text{ Дж}}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 400 \\ \hline 498600 \end{array}$$

$$2) Q_{23} = \nu C_{23} \Delta T_{23} = -V \cdot \frac{1}{2}R \cdot (4 - 2^{1,5})T_1 = -\frac{1}{2} \cdot 2^{1,5}R(2^{0,5} - 1)T_1 = \underline{-2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1}$$

$$\Delta U_{32} = \frac{3}{2}(2^{1,5}VRT_1 - 2^2VRT_1) = -\frac{3}{2} \cdot 2^{1,5}VRT_1(2^{0,5} - 1)$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = -2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1 + 3 \cdot 2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1 = \underline{+2 \cdot 2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1}$$

$$Q_{31} = \nu C_{31} \Delta T_{31} = -V \cdot \frac{5}{2}R(2^{1,5} - 1)T_1$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}(VRT_1 - 2^{1,5}VRT_1) = -\frac{3}{2}VRT_1(2^{1,5} - 1)$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = -\frac{5}{2}VRT_1(2^{1,5} - 1) + \frac{3}{2}VRT_1(2^{1,5} - 1) = \underline{-VRT_1(2^{1,5} - 1)}$$

$$A_{\Sigma} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2}VRT_1 + 2 \cdot 2^{0,5}(2^{0,5} - 1)VRT_1 - VRT_1(2^{1,5} - 1) =$$

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!

$$= \sqrt{RT_1} (1,5 + 4 - 2^{1,5} - 2^{1,5} + 1) = \sqrt{RT_1} (6,5 - 4\sqrt{2})$$

$$Q_{\Sigma} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 6\sqrt{RT_1} - 2^{0,5}(2^{0,5}-1)\sqrt{RT_1} - \frac{5}{2}(2^{1,5}-1)\sqrt{RT_1} =$$

$$= \sqrt{RT_1} (6 - 2 + 2^{0,5} - 5 \cdot 2^{0,5} + 2,5) = \sqrt{RT_1} (6,5 - 4\sqrt{2})$$

$$= \sqrt{RT_1} (6,5 - 4\sqrt{2})$$

$$= (6,5 - 4\sqrt{2})\sqrt{RT_1}$$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}} = \frac{3\sqrt{RT_1}}{2(4\sqrt{2} - 6,5)\sqrt{RT_1}} = -\frac{3}{2,42}$$

$$\sqrt{2} \approx 1,41 \Rightarrow$$

$$\begin{array}{r} \times 1,41 \\ 4 \\ \hline 5,64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -6,5 \\ -5,64 \\ \hline 0,86 \\ 1,42 \end{array}$$

$$\eta = \frac{Q_{\Sigma}}{A_{\Sigma}} = \frac{-2(4\sqrt{2} - 6,5)\sqrt{RT_1}}{3\sqrt{RT_1}} =$$

$$= -\frac{1,42}{3} \approx -0,473$$

$$\begin{array}{r} 1,41 \\ 2 \\ \hline 2,82 \\ -0,82 \\ \hline 4 - 2\sqrt{2} = 1,18 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1720 \overline{) 300} \\ 7500 \overline{) 0,573} \\ 2200 \\ 2100 \\ \hline 1000 \end{array}$$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}}$$

$$\eta = \frac{Q_{\Sigma}}{A_{\Sigma}}$$

$$3) p_1 V_1 = \sqrt{RT_1}$$

$$p_2 V_2 = \sqrt{RT_1} \cdot 4$$

$$p_3 V_3 = \sqrt{RT_1} \cdot 2\sqrt{2} \approx 2,82$$

$$p = \sqrt{RT_1} \cdot \frac{1}{V}$$

$|A|$ - сов. площадь погр. графика

$$A_{12} = \frac{3}{2}\sqrt{RT_1}$$

$$A_{23} = 2\sqrt{2}(\sqrt{2}-1)\sqrt{RT_1} \approx 1,18\sqrt{RT_1}$$

$$A_{31} = -(2\sqrt{2}-1)\sqrt{RT_1} \approx -0,82\sqrt{RT_1}$$



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!

$$\Delta W_{12} = \frac{3}{2} p_1 V_1 - p_1 V_1 = \frac{1}{2} p_1 V_1 = 4,5 V R T_1$$

$$\Delta W_{12} = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_1 V_1)$$

$$1,82 \quad \begin{array}{r} -182 \overline{) 1450} \\ 1450 \end{array}$$

$$2) \eta = \frac{A_{\text{полез}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{Q_2}{A_{\text{затр}}}$$

$$A_{\text{затр}} = |A_{12}| + |A_{23}| + |A_{31}| = \frac{3}{2} V R T_1 + 2,5 (2^{0,5} - 1) V R T_1 + V R T_1 (2^{0,5} - 1) =$$

$$= V R T_1 (1,5 + 4 - 2\sqrt{2} + 2\sqrt{2} - 1) = 4,5 V R T_1$$

$$\eta = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{4,5} = \frac{0,86}{4,5} \approx 0,19 = 19\%$$

$$4\sqrt{2} \approx 5,64$$

$$\begin{array}{r} 6,50 \\ -5,64 \\ \hline 0,86 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 866 \overline{) 450} \\ 450 \quad 0,19 \\ \hline 4900 \\ 4050 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 440 \\ \times 1,5 \\ \hline 660 \\ 4400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 450 \\ \times 4 \\ \hline 1800 \\ 1800 \\ \hline 3600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 450 \\ \times 9 \\ \hline 4050 \end{array}$$

А-мощность по графику

$$A_{12} = 1,5 V R T_1 = 7,5 p_1 V_1$$

$$p_1 V_1 = V R T_1$$

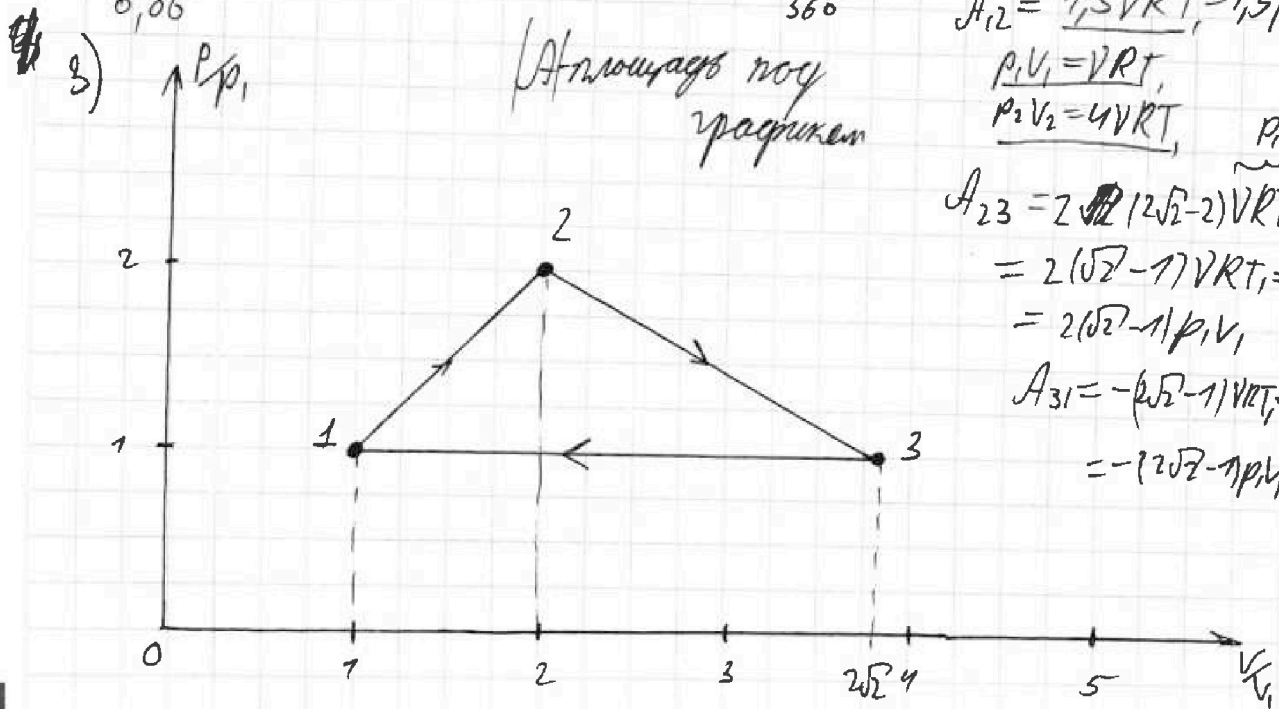
$$p_2 V_2 = 4 V R T_1$$

$$A_{23} = 2 (2\sqrt{2} - 2) V R T_1 =$$

$$= 2 (\sqrt{2} - 1) V R T_1 = 2 (\sqrt{2} - 1) p_1 V_1$$

$$A_{31} = -(2\sqrt{2} - 1) V R T_1 =$$

$$= -(2\sqrt{2} - 1) p_1 V_1$$





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!

Ответ! 1) $A_{12} = \frac{3}{2} \nu RT_1 = 4986 \text{ Дж}$; 2) $\eta = 79\%$; 3) см рис.

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!

№5

T - одинаков из симм.

$$F_{K1} = k \cdot \frac{q^2}{8^2}$$

$$F_{K2} = k \frac{q^2}{(\sqrt{2}8)^2} = k \frac{q^2}{2 \cdot 8^2}$$

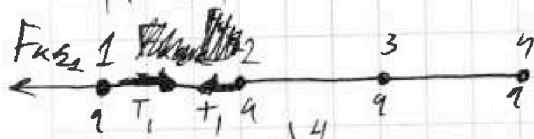
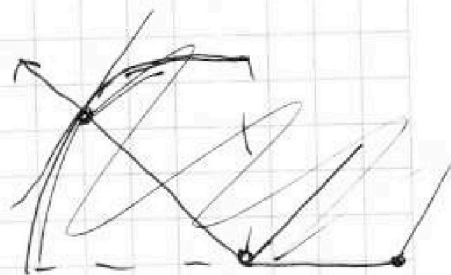
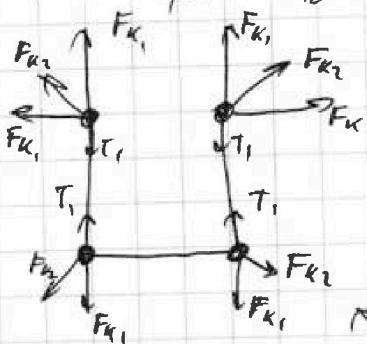
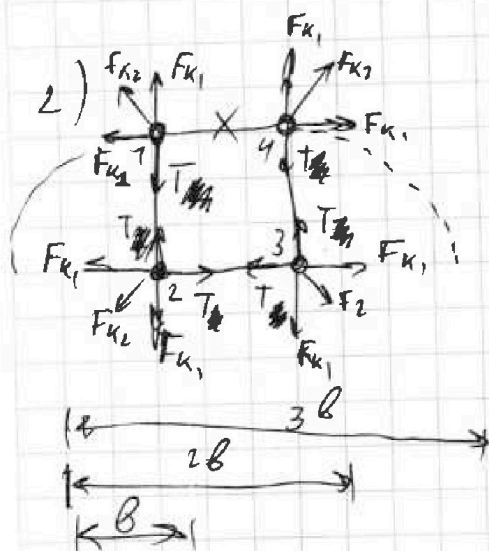
из равн. шасси =>

=>

$$T = F_{K1} + F_{K2} \cdot \cos 45^\circ = k \frac{q^2}{8^2} + k \frac{q^2}{2 \cdot 8^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} =$$

$$= k \frac{q^2}{4 \cdot 8^2} (4 + \sqrt{2})$$

$$T = \frac{kq^2}{48} (4 + \sqrt{2})$$



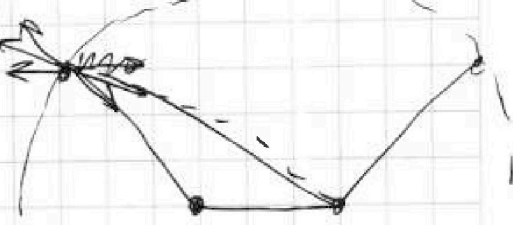
$$\textcircled{1} F_{K2} = k \frac{q^2}{8^2} + k \frac{q^2}{48^2} + k \frac{q^2}{98^2} = \frac{kq^2}{48^2} (4 + 1 + \frac{4}{9})$$

$$F_{K2} = k \frac{q^2}{48^2}$$

из Th/o кин энергии => $A = \Delta E_k$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kq^2}{48^2}$$

узнали скорость





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!

из 307 для шарика 1:

$$0 + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} = \frac{mV^2}{2} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{28} + \frac{kq^2}{36}$$

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{kq^2}{8} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{8} \frac{6\sqrt{2} + 6 - 3\sqrt{2} - 2\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{8} \frac{6 + \sqrt{2}}{6\sqrt{2}}$$

$$V^2 = \frac{2}{m} \cdot \frac{kq^2}{8} \frac{6 + \sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{kq^2}{m8} \left(\frac{6 + \sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \right)}$$

- 3) т.к. движение верхних шариков происходит **симметрично** $\Rightarrow$ центр из 2 нижних шариков находится в равновесии $\Rightarrow$ т.к. $V_0 = 0 \Rightarrow$ они не смешиваются $\Rightarrow$

$$d = \sqrt{2}b$$



Ответ: 1) $T = \frac{kq^2}{48} (4 + \sqrt{2})$; 2) $V = \sqrt{\frac{kq^2}{m8} \left(\frac{6 + \sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \right)}$; 3) $d = \sqrt{2}b$