



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.

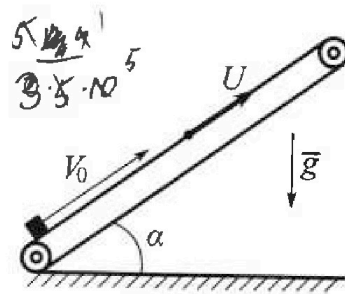
× 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

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

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

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.

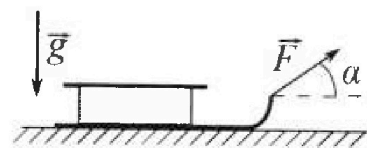
× 2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

✓ 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.



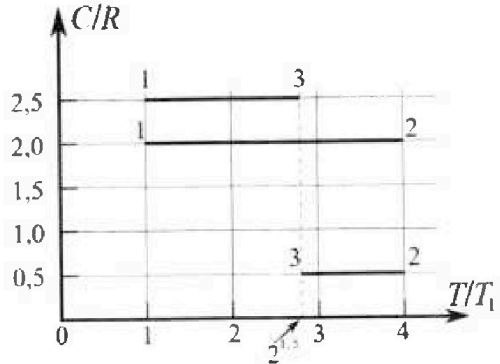
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01



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

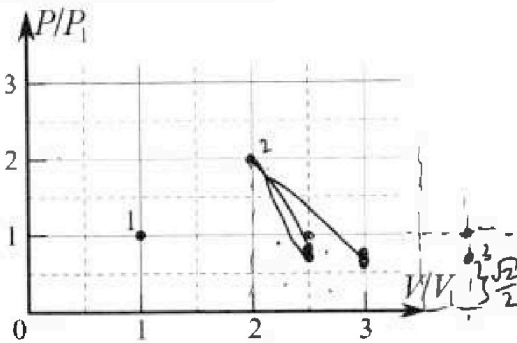
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



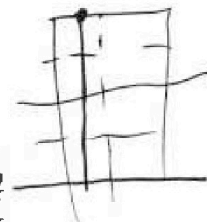
×1) Найдите работу A_2 газа в процессе 1-2.

? ×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.



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



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

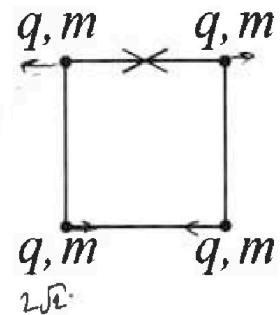
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

×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.

Handwritten calculations for problem 5:

$$P_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$2\sqrt{2} = 3 \times \frac{2}{3}$$

$$P_2 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \sqrt{3}$$

$$4 - 2\sqrt{2}$$

$$\frac{7,82}{20} \sqrt{3}$$

$$3 \cdot 0,15$$

$$- (2^{1,5} - 1) \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}}$$

$$2\sqrt{2} - 1$$

$$2(2 - \sqrt{2})^{\frac{3}{2}} (A_2 - P_1)$$

$$\frac{3}{2}$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} + \frac{2}{5}$$

$$\frac{1,5}{4} + \frac{2}{5} - 2$$

$$0,25 + 0,4 - 2$$



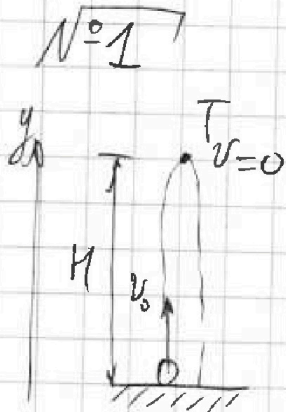
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



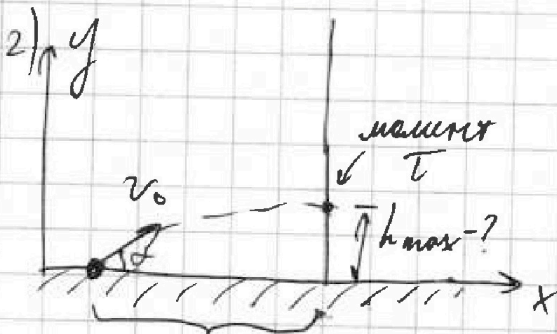
$v_0 = ?$

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) $v_0 = 20 \frac{m}{c}$



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

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

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

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

макс S
максимальная дальность полета

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

$\alpha = 45^\circ$

$x(\tau) = S$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

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

↑
найдем макс. h

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

$$\text{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$$

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

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

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

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

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!



$$\sqrt{0.2}$$

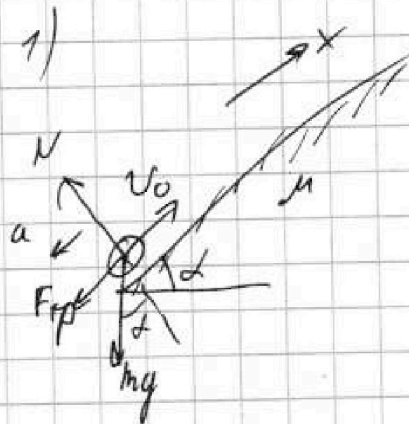
$$\sin \alpha = 0.4$$

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

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

$$S = 7m$$

$$T = ?$$



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

т.к. скользит

⇓

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

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

на непр. ос от начала м-т

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

$$\text{из II } \Sigma F \Rightarrow$$

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

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

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

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

ор.

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

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

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

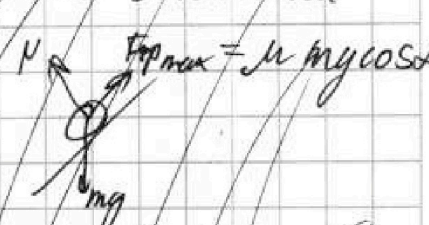
$$= \frac{v_0}{a} \pm \frac{v_0}{a} \sqrt{1 - \frac{2Sa}{v_0^2}}$$

т.к. $\frac{v_0}{a}$ - меньше, отб.

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

$$T = \frac{v_0}{g} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2gS}{v_0^2}}\right) = \frac{4}{g} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 7 \cdot g}{16}}\right)$$

проверим будет ли скользить коробка после остановки



$$m a' = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

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

~~Handwritten scribbles and calculations:~~

$$-5x^2 + 4x + 1$$

$$5x^2 + 4x + 1$$

$$16 - 20$$

$$S = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{20} = 0.8$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

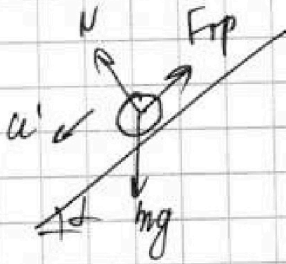
МФТИ

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



Найти какой путь пройдет тело под действием $S = S_1 + S_2$

$$S_1 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ м} < S = 1 \text{ м} \Rightarrow S_2 = 0,2 \text{ м}$$



т.к. $\mu > \frac{4}{5} \Rightarrow$ скатыв $\Rightarrow F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$

$$\tan \alpha = \frac{4}{3} > \frac{7}{5}$$

$$a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g \left(\frac{4}{5} - \frac{7}{5} \cdot \frac{3}{5} \right) = \frac{3g}{5}$$

$$S_2 = \frac{a' t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a'}}$$

t_1 - вр. вверх $\Rightarrow T = t_1 + t_2$

$$gt_1 = v_0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g}$$

$$T = \frac{v_0}{a} + \sqrt{\frac{2S_2}{a'}}$$

$$= \frac{v_0}{g} + \sqrt{\frac{10S_2}{3g}}$$

$$T = \frac{4}{10} + \sqrt{\frac{10 \cdot 2}{10 \cdot 3 \cdot 10}}$$

$$T = 0,4 + \sqrt{\frac{2}{30}}$$

$$T = 0,4 + \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

$$T \approx 0,4 + 0,25 \approx 0,65 \text{ с}$$

~~$\sqrt{3} \approx 1,73$~~

$\sqrt{15} \approx 3,9$

~~$\sqrt{5} \approx 2,24$~~

$$\begin{array}{r} 3,9 \\ \times 3,9 \\ \hline 351 \\ 3510 \\ \hline 1521 \end{array}$$

~~$\sqrt{10} \approx 3,16$~~

$$\begin{array}{r} \sqrt{15} \\ \times 15 \\ \hline 225 \\ 1500 \\ \hline 22500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,14 \\ \times 2,14 \\ \hline 214 \\ 428 \\ \hline 45696 \end{array}$$



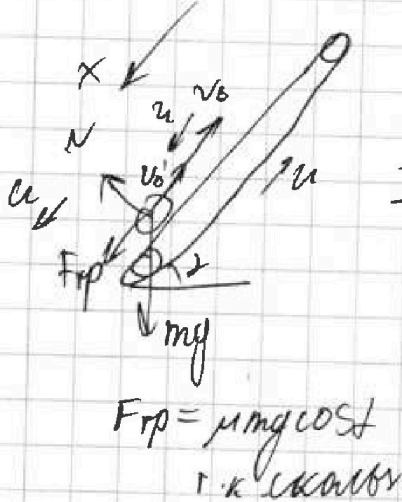
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

2)



В СО левее $v_0' = v_0 - u = 2 \frac{m}{s}$

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

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

Скорость коробки в ЛСО равна u , когда $v_0' = 0$
(В СО левее)

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

В СО левее

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

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

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 $y=1$, что в СО левее $v' = -u$

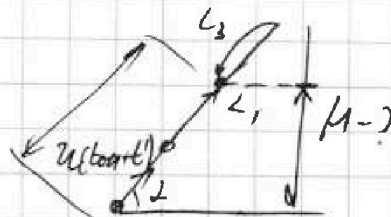
ускорение вниз $a' = \frac{3}{5}g$ из п.1) \Rightarrow в СО левее

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

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

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

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



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



1	2	3	4	5	6	7
<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!

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

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

$$T = \left(0,4 + \frac{\sqrt{2}}{16}\right) c \approx 0,65 c$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

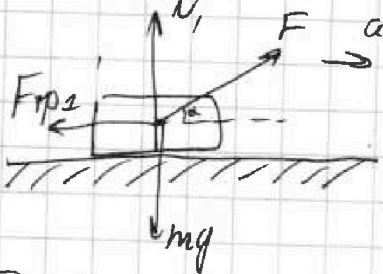
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

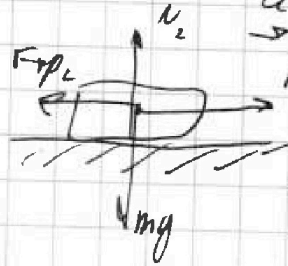
№3

① t_1



$F_{fp1} = \mu N_1$
т.к. скользит

② t_2



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

$t_1 = t_2 = t_0$

v_0 - одинак

\Downarrow
 a - одинак

\Downarrow
 S - одинак

пусть разделим

\Downarrow
вз II зп: $N_1 - mg + F \cdot \sin \alpha = 0$
 $N_1 = mg - F \cdot \sin \alpha$

вз II зп

$ma = F - \mu mg$

вз II зп

F_{fp1}

F_{fp2}

$m_2 a = F \cdot \cos \alpha - \mu N_1 = F \cdot \cos \alpha - \mu (mg - F \cdot \sin \alpha)$

вз III. отсюда найдем шаг \Rightarrow

$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} - 0 = F \cdot \cos \alpha \cdot S - \mu (mg - F \cdot \sin \alpha) \cdot S$

$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} - 0 = F \cdot S - \mu mg \cdot S$

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

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

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

просто подставляем

↑

$\alpha = 90^\circ$

$\sin \alpha = 1$

↑

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

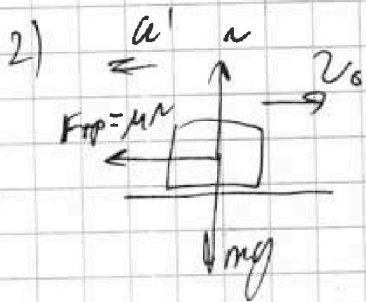
И. об. изм. кин. энергии

$$\textcircled{1} \frac{mV_0^2}{2} - 0 = -mgs + FS \quad \text{т.к. } \alpha = 90^\circ \text{ (работа } F \text{ и } mg)$$

$$\textcircled{2} \frac{mV_0^2}{2} - 0 = FS - \mu mgs$$

$$\textcircled{1} - \textcircled{2} \Rightarrow 0 = -mgs + FS - FS + \mu mgs$$

$$\mu = 1$$



из II зк

$$N = mg \Rightarrow \text{так } \alpha' = \mu g \Rightarrow \alpha' = \mu g$$

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

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

$V = 1 \text{ мА}$

из уравнения

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

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

из I нач. термодинамики $\Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$

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

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 600 \\ \hline 498600 \end{array}$$

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

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

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

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

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

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

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

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!

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{2,91}{2,82} - 0,82$$

$$4 - 2\sqrt{2} = 1,98$$

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

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

$$\begin{array}{r} -6,5 \\ 5,64 \\ \hline 0,86 \\ 2 \\ \hline 1,72 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1720 \overline{) 300} \\ 7500 \overline{) 0,573} \\ \underline{1200} \\ 2700 \\ \underline{2000} \end{array}$$

~~$$\eta = \frac{I_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}}$$~~

~~$$\eta = \frac{Q_{\Sigma}}{I_{\Sigma}}$$~~

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

$$p_2 V_2 = \sqrt{R} \cdot 4T_1$$

$$p_3 V_3 = \sqrt{R} \cdot 2\sqrt{2} T_1 \approx 2,82$$

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

~~$A_{12} = \frac{3}{2}\sqrt{RT_1}$~~ $|A|$ -коэф. площади погр. градиента

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

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

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



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!

~~$\Delta W_{12} = \frac{3}{2} p_1 v_1 - p_1 v_2 = \frac{3}{2} p_1 v_1 (2^{0.5} - 1)$~~ $\Delta W_{12} = \frac{3}{2} (p_1 v_1 - p_1 v_2)$

2) $\eta = \frac{A_{полз} - Q_2}{A_{зуп}}$

$A_{зуп} = (A_{12} + A_{23} + A_{31}) = \frac{3}{2} V R T_1 + 2^{1.5} (2^{0.5} - 1) V R T_1 + V R T_1 (2^{1.5} - 1) =$
 $= V R T_1 (1.5 + 4 - 2\sqrt{2} + 2\sqrt{2} - 1) = 4.5 V R T_1$

$\eta = \frac{6.5 - 4\sqrt{2}}{4.5} = \frac{0.86}{4.5} \approx 0.19 = 19\%$

$4\sqrt{2} \approx 5.64$

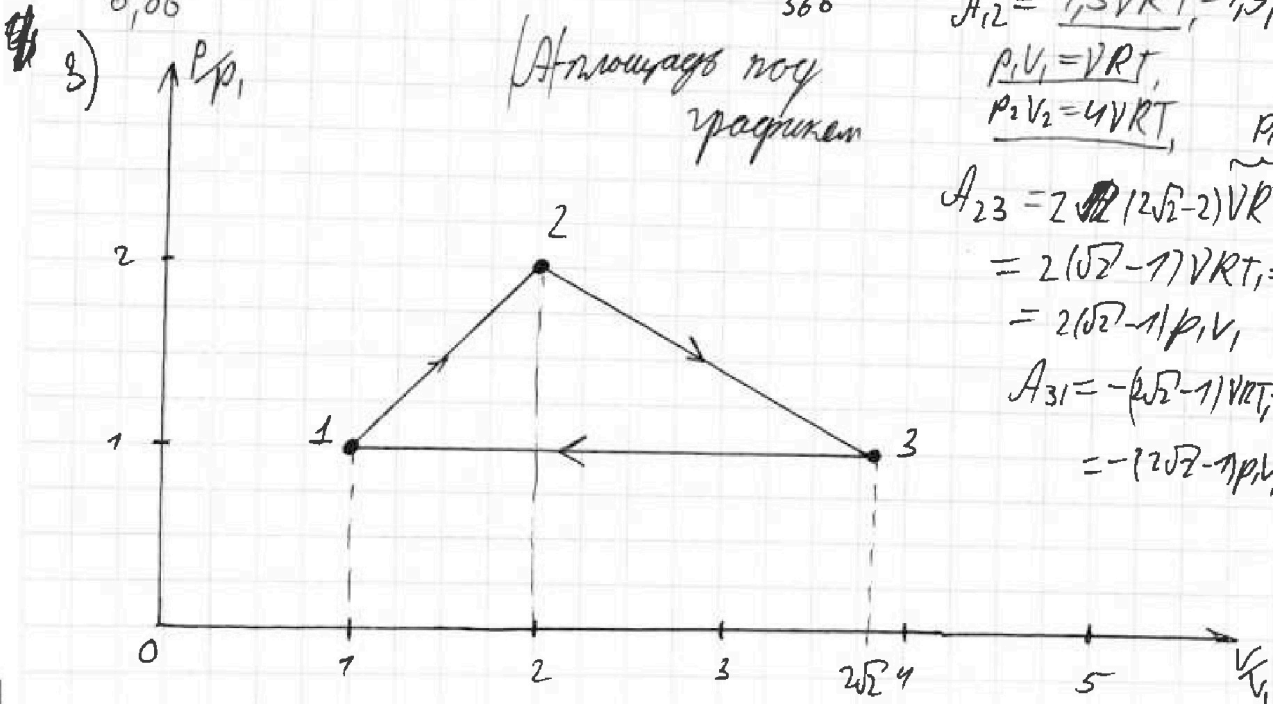
$$\begin{array}{r} -6.50 \\ 5.64 \\ \hline 0.86 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 866 \overline{) 450} \\ 450 \\ \hline 0.19 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 440 \\ \times 1.5 \\ \hline 660 \\ 440 \\ \hline 4650 \end{array}$$

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

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





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!

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

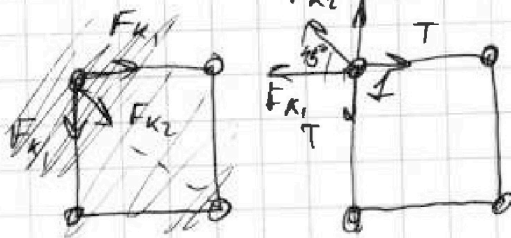
МФТИ

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

№5

T-определить из условия.

1)



$$F_{k1} = k \cdot \frac{q^2}{8^2}$$

$$F_{k2} = k \frac{q^2}{(\sqrt{2}8)^2} = k \frac{q^2}{2 \cdot 8^2}$$

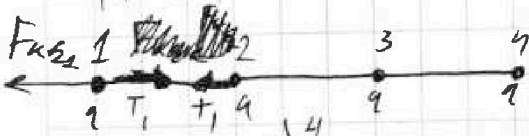
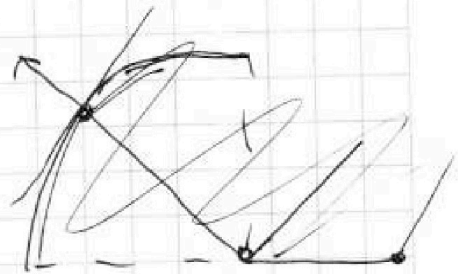
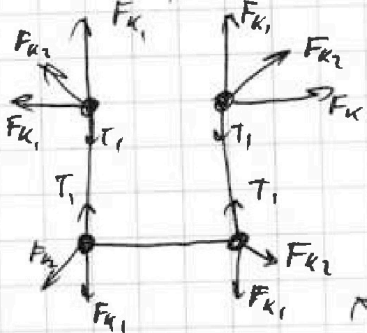
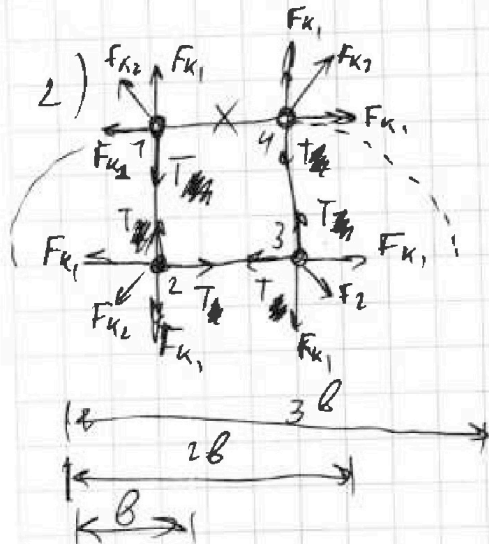
из равн. условий \Rightarrow

$$\Rightarrow T = F_{k1} + F_{k2} \cdot \cos 45^\circ = k \frac{q^2}{8^2} + k \frac{q^2}{2 \cdot 8^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

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

2)

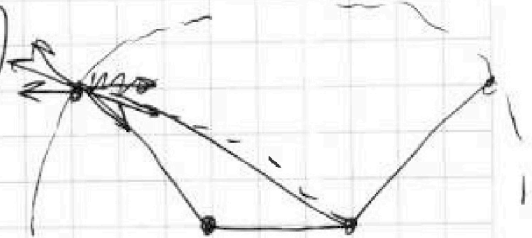


$$\textcircled{1} F_{k2} = k \frac{q^2}{8^2} + k \frac{q^2}{4 \cdot 8^2} + k \frac{q^2}{9 \cdot 8^2} = \frac{kq^2}{48^2} (4 + 1 + \frac{4}{9})$$

~~$$F_{k2} = k \frac{q^2}{64}$$~~

из того же условия $\Rightarrow A = \Delta E_k$
(ура 11 формула)

~~$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v^2$$~~



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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!

Из ЗСД для шарика 1:

$$0 + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} = \frac{mU^2}{2} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

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

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

- 3) Т.к. движение верхних шариков происходит симметрично \Rightarrow центр из 2 нижних шариков находится в равновесии \Rightarrow т.к. $U_0 = 0 \Rightarrow$ они не смещаются \Rightarrow

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



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