

# Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023

Вариант 10-02

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

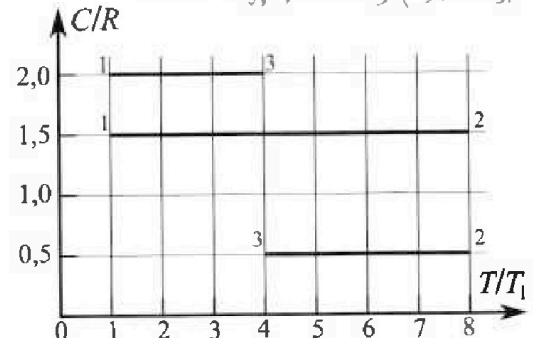


8,31 = 8,31  
24  
3,31 = 24,4  
8,31 \* 3 = 24,93

5  
20 = 1/4 = 25%  
5 < 5/8 = 62,5%

$$Q = C_{31} \Delta T = \lambda_{31} + U_{31}$$

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  $\eta$  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.

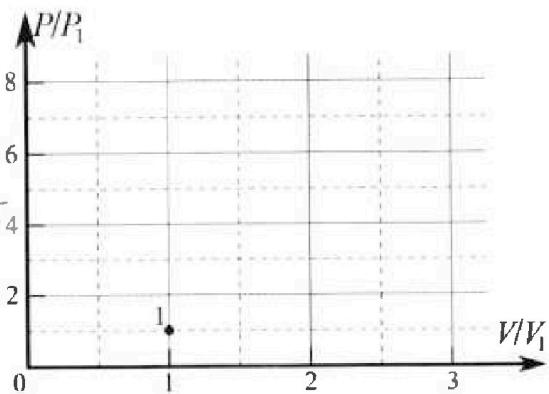
$$A_{31} = -A_{131} = -6 + 4,5 = -1,5$$

$$\frac{2\sqrt{2} a^2 T}{\epsilon_0 (\sqrt{2} + 1)}$$

$$\frac{(\sqrt{2}-1) \sqrt{2}}{\sqrt{2}(\sqrt{2}+1)} = \frac{\sqrt{2}-1}{4-\sqrt{2}4}$$

$$\epsilon = \frac{m\sqrt{2}}{2}$$

$$D = 4 \dots$$



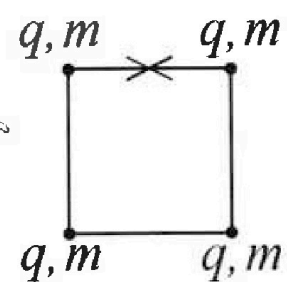
$$P V = \nu R T$$

$$P = \frac{\nu R T}{V}$$

$$P_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{\nu R T}{V} \frac{V_1}{\nu R T_1} = \frac{T}{T_1} \frac{V_1}{V}$$

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)? Элементарная постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

как G груз равномерно

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

$$\frac{\sqrt{2}(\sqrt{2} + 1) \cdot 5}{4 + \sqrt{2} - 5^2} = \frac{\sqrt{2} - 1}{2} > 0$$

$$G_{\text{шар}} = \frac{G m m}{R^2}$$

$$H = \frac{G m m}{R}$$

$$y = \frac{1}{4}$$

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



# 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?

Уск. орение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости, перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

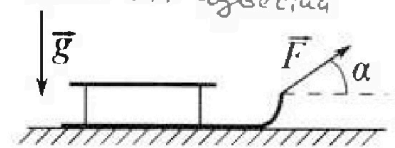
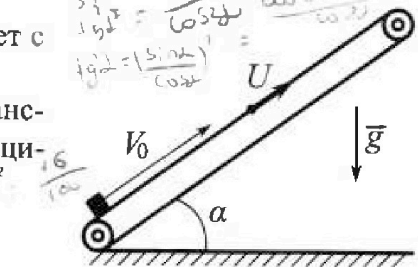
3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии  $K$  на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  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  $\mu$  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.



Handwritten solutions for the problems:

For problem 1:  $V_0 \sin \alpha = \frac{H}{t} \Rightarrow t = \frac{H}{V_0 \sin \alpha}$   
 $L = V_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{H \cos \alpha}{\sin \alpha} = H \cot \alpha = 3,6 \cdot \frac{4}{3} = 4,8$  m

For problem 2:  $H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 3,6 \Rightarrow V_0^2 = \frac{3,6 \cdot 2 \cdot 10}{\sin^2 45^\circ} = 144 \Rightarrow V_0 = 12$  m/s  
 $L = V_0 \cos \alpha \cdot t = 12 \cdot \frac{4}{3} = 16$  m

For problem 3:  $K = \frac{1}{2} m v^2 = F_{\text{tr}} \cdot L = \mu m g L \Rightarrow L = \frac{K}{\mu g}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

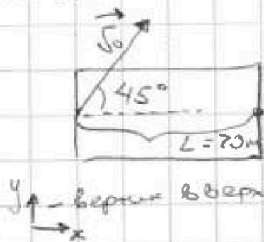
1  2  3  4  5  6  7



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

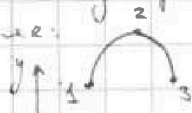


$v_0 = 1$  (начало пути - 2)



1)  $g_x = 0$ ,  $v_{0x} = \text{const} = v_0 \cos 45^\circ$   
 $L = v_{0x} t_{05} = v_0 \cos 45^\circ t_{05} \Rightarrow t_{05} = \frac{L}{v_0 \cos 45^\circ}$ , где  $t_{05}$  - время полета

тело, брош. под углом к гориз. полетит по параболе:



$v_{1y} = v_{0y} = v_0 \sin 45^\circ = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$   
 $v_{2y} = 0$   
 $v_{3y} = 0$

3)  $v_{y(t)} = v_{0y} - gt = \frac{v_0}{\sqrt{2}} - gt$

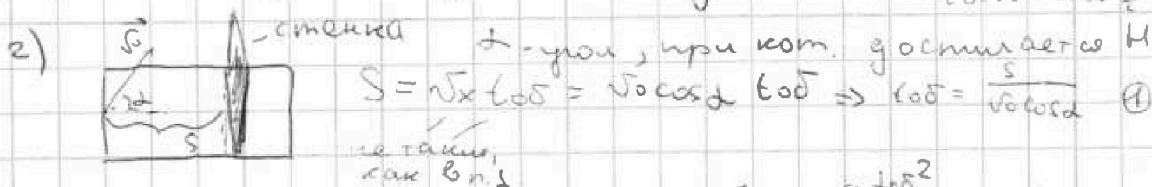
$v_{y(t_2)} = \frac{v_0}{\sqrt{2}} - gt_2 = 0$

Время, в кот тело нах. в верш. параболы

$\frac{v_0}{\sqrt{2}} = gt_2$

$\frac{v_0}{\sqrt{2}g} = t_2 \Rightarrow t_{05} = 2t_2 = \frac{2v_0}{\sqrt{2}g} = \frac{\sqrt{2}v_0}{g} \rightarrow \text{В } 1)$

$L = \frac{v_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}v_0}{g} = \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{gL} = \sqrt{200} = \sqrt{4 \cdot 50} = 2\sqrt{50} \frac{m}{s} = 2\sqrt{25 \cdot 2} = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$



$S = v_{0x} t_{05} = v_0 \cos \alpha t_{05} \Rightarrow t_{05} = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$  1)

$y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow v_0 \sin \alpha \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = H$  2)  
 $y(t_{05}) = H$   
 ~~$2v_0 \sin \alpha t_{05} - gt_{05}^2 = 2H \Rightarrow g$~~   
 ~~$\frac{2v_0 \sin \alpha t_{05}}{g} - t_{05}^2 = \frac{2H}{g}$~~

$\frac{2v_0 \sin \alpha t_{05}}{g} - t_{05}^2 = \frac{2H}{g} \Rightarrow \frac{2S \tan \alpha}{g} - \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{2H}{g}$

1) В 2):  $v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = H$   
 $= S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$S = \text{const}$

H - макс. высота. На углу  $\alpha$ , при кот. она достигнута, с помощью треугольника:

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!

$$\begin{aligned}
 & \sqrt{S} \left( S + gL - \frac{gS^2}{2\sqrt{S}^2 \cos^2 \alpha} \right) = (gL)^2 S - \frac{-2\sqrt{S}^2 (\cos^2 \alpha)^2 \cdot gS^2}{4\sqrt{S}^4 \cos^4 \alpha} = \\
 & = \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{2\sqrt{S}^2 g S^2 \cdot 2 \cos \alpha \sin \alpha}{4\sqrt{S}^4 \cos^4 \alpha} = \\
 & = \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{\sin \alpha g S^2}{\sqrt{S}^2 \cos^3 \alpha}
 \end{aligned}$$

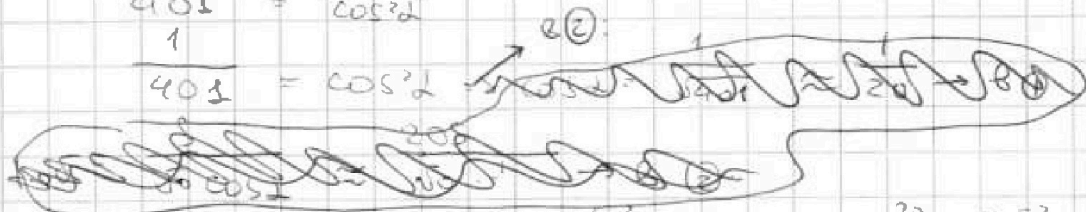
$$\begin{aligned}
 f'(\alpha) = 0: \quad \frac{S}{\cos^2 \alpha} &= \frac{\sin \alpha g S^2}{\sqrt{S}^2 \cos^3 \alpha} \\
 \frac{1}{\cos^2 \alpha} &= \frac{\sin \alpha g}{\sqrt{S}^2 \cos^3 \alpha} \quad \cos \alpha \neq 0 \\
 1 &= \frac{\sin \alpha g}{\sqrt{S}^2 \cos \alpha} = \frac{g + gL}{\sqrt{S}^2} \\
 \sqrt{S}^2 &= g + gL \\
 Lg\alpha &= \frac{g}{g} = \frac{gL}{g} = L = 20
 \end{aligned}$$

так  $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$  - очевидн. тогда  $L \cdot \cos^2 \alpha$

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

$$\frac{401}{1} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{1}{401} = \cos^2 \alpha$$



$$\sqrt{S} \sin \alpha \cdot \frac{S}{\sqrt{S} \cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 \sqrt{S}^2 \cos^2 \alpha} = S + gL - \frac{g S^2}{2 \sqrt{S}^2} \cdot \frac{401}{1}$$

$$20S - \frac{g S^2 \cdot 401}{2 \sqrt{S}^2} = H$$

$$20S - \frac{g \cdot S^2 \cdot 401}{2 \cdot gL} = 20S - \frac{401 S^2}{2L} = H \quad | \cdot 2L$$

$$40SL - 401S^2 - 2LH = 0 \quad | \cdot 401$$

$$\frac{40}{401}SL - S^2 - \frac{2LH}{401} = 0 \quad | \cdot (-1)$$

$$S^2 - \frac{40}{401}SL + \frac{2LH}{401} = 0$$

$$401 \approx 400$$

$$S^2 - 0,1SL + \frac{2LH}{200} = 0$$

$$S^2 - 0,1SL + \frac{2LH}{200} = 0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

№1 (окончание решения)

$$S^2 - S \cdot \frac{L}{10} + \frac{LH}{200} = 0$$

$$S^2 - S \cdot 2 + \frac{4 \cdot 2}{200} = 0$$

$$S^2 - 2S + \frac{8}{25} = 0$$

$$D = 4 - 4 \cdot \frac{8}{25} = 4 \cdot \left(1 - \frac{8}{25}\right) = 4 \cdot \frac{16}{25} = \frac{4 \cdot 16}{25} \Rightarrow \sqrt{D} = \frac{2 \cdot 4}{5} = \frac{8}{5}$$

$$S = \frac{2 \pm \frac{8}{5}}{2}$$

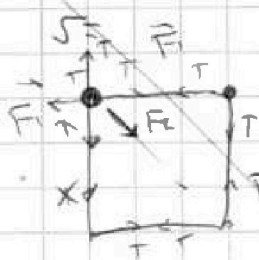
$$S = \frac{2 + \frac{8}{5}}{2} = \frac{4 + 8}{5} = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ м}$$

$$S = \frac{2 - \frac{8}{5}}{2} = \frac{2 - 8}{5} = \frac{-6}{5} = -1,2 \text{ м}$$

ответ: 1)  $\sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2)  $S = 1,8 \text{ м}$  или  $S = 0,2 \text{ м}$

~~оставшаяся часть этого места - черновик~~



~~$$F = \epsilon_0 \frac{q^2}{R^2}$$~~

~~$$F = \frac{Gmm}{r^2}$$~~

~~$$\text{или } F_2 \cos 45^\circ + F_1 = T$$~~

~~$$F_1 = \frac{\epsilon_0 q^2}{a^2}$$~~

~~$$F_2 = \frac{\epsilon_0 q^2}{(\sqrt{2}a)^2} = \frac{\epsilon_0 q^2}{2a^2}$$~~

~~$$F_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{\epsilon_0 q^2}{2\sqrt{2}a^2} + \frac{\epsilon_0 q^2}{a^2} \right)$$~~

~~$$\epsilon = \frac{1}{2\sqrt{2} + 1} = \frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}}$$~~

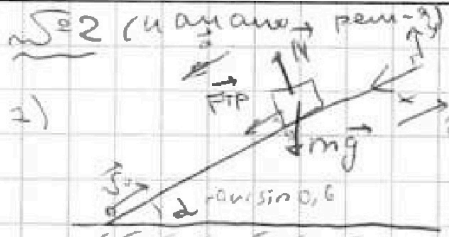
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МОТИ.**

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



2)  $v_0 = 2$  (начало  $\rightarrow$  зам-т)

$$Ox: ma = F_{tr} + mg \sin \alpha = F_{tr} + \frac{3}{5} mg$$

$$Oy: N = mg \cos \alpha = \frac{4}{5} mg$$

$$F_{tr} = \mu N = \frac{4}{5} \mu mg$$

$$\Rightarrow ma = \frac{4\mu mg}{5} + \frac{3mg}{5}$$

$$a = g \left( \frac{4}{5} \mu + \frac{3}{5} \right) = g \left( \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} + \frac{3}{5} \right) = g \left( \frac{2}{5} + \frac{3}{5} \right) = g$$

$a = g$

$$v = v_0 - at = v_0 - gt$$

тело останавливается в момент  $t_1$ :

$$0 = v_0 - gt_1$$

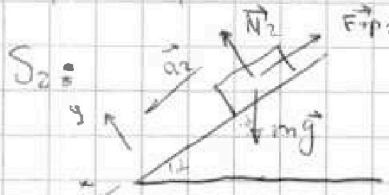
$$v_0 = gt_1$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{6}{10} \text{ с} < T$$

путь тела = путь до ост + путь после смены направ-я гт

$$S_1 = \frac{v_0^2 - 0}{2a} = \frac{v_0^2}{2g}$$

обратно (после смены направ.) тело движет гт.  $T - t_1 = 0,4 \text{ с}$



$$Ox: ma_2 = mg \sin \alpha - F_{tr2} = \frac{3}{5} mg - F_{tr2}$$

$$Oy: N_2 = mg \cos \alpha = \frac{4}{5} mg$$

$$F_{tr2} = \mu N_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} mg = \frac{2}{5} mg$$

$$ma_2 = \frac{3}{5} mg - \frac{2}{5} mg = \frac{mg}{5}$$

$$a_2 = \frac{g}{5}$$

$$S_2 = \frac{a_2 (T - t_1)^2}{2} = \frac{g (T - t_1)^2}{10}$$

$$T - t_1 = \frac{v_0}{g} - \frac{v_0}{g} = \frac{Tg - v_0}{g} \Rightarrow (T - t_1)^2 = \frac{(Tg - v_0)^2}{g^2}$$

$$S_2 = \frac{g}{10} \cdot \frac{(Tg - v_0)^2}{g^2} = \frac{(Tg - v_0)^2}{10g}$$

$$S_{\text{общ}} = S_1 + S_2 = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{(Tg - v_0)^2}{10g} = \frac{6^2}{20} + \frac{(10 - 6)^2}{100} =$$

$$= \frac{36}{20} + \frac{16}{100} = \frac{180}{100} + \frac{16}{100} = \frac{196}{100} = 1,96 \text{ м}$$

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!



$v_3$  (покомпонентное решение)



от отн. 3, как ищем ее

$$\vec{v}_3 = \vec{v} + \vec{u}$$

от отн. центра + транспортера

$$0x: v_3 = v + u$$

нам нужно найти проекцию

на ось  $x$ , т.к. тело дв. вдоль нее (эта модуль этой проекции и будет модулем скорости)

$$v_3 = v + u$$

нам интересен момент, когда  $v_3 = 0$ :

$$u = v + u \Rightarrow v = 0 \text{ т.е. момент остановки тела}$$

Обозначим  $t_1$  (независимо от  $n$ )

отн. транспортера

CO "центра т." / время при перетяге в CO центр



аналогично  $n \perp a = g$

$$v_x(t) = v_0 - ut - at = v_0 - ut - g \sin \alpha$$

$$v_x(t_0) - v_x(t_1) = 0$$

$$\Rightarrow v_0 - u - g t_1 = 0 \quad v_0 - u = g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - u}{g} = \frac{6 - 1}{10} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

$$3) v_3 = 0 \Rightarrow \vec{v} = -\vec{u}$$



отн. отн. центра + транспортера

пройдет на расстоянии  $S_1$  от н. старта

$$S_1 = \frac{(v_0 - u)^2 - 0}{2g} = \frac{(v_0 - u)^2}{2g}$$

уск. в CO "центра т." будет таким же, как в  $n \perp$  при спуске (но считать по тем же формулам)

$$S_2 = \frac{u^2 - 0}{2g} = \frac{5u^2}{2g}$$

$$L_{\text{иск}} = S_1 - S_2 = \frac{(v_0 - u)^2}{2g} - \frac{5u^2}{2g} = \frac{(v_0 - u)^2 - 5u^2}{2g} = \frac{(6-1)^2 - 5 \cdot 1^2}{20} = \frac{25 - 5}{20} = \frac{20}{20} = 1 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $S_{\text{об}} = 1,96 \text{ м}$  2)  $t_1 = 0,5 \text{ с}$  3)  $L = 1 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

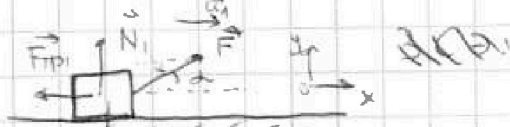
1  2  3  4  5  6  7



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

№3 (часть 1) (часть 2)

1) случай 1:



$$K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \text{const}$$

$\Rightarrow$  в случаях 1 и 2 случаи разогнанием до одинак скорости

(I)

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

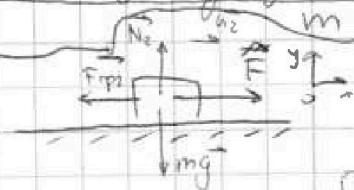
ОХ:  $ma_1 = F \cos \alpha - F_{fp1}$   
 $F_{fp1} = \mu N_1 = \mu mg - \mu F \sin \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow ma_1 = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$



$$a_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha}{m}$$

случай 2:



ОУ:  $N_2 = mg \Rightarrow F_{fp2} = \mu N_2 = \mu mg$

ОХ:  $ma_2 = F - F_{fp2} = F - \mu mg$

$$a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}$$

по условию  $S_1 = S_2$  (пути = перемещения его частей в м.к. где в направлении движения  $E_k = K$  равны по модулю)

$$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}$$

$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$\Rightarrow a_1 t_1^2 = a_2 t_2^2$  (1)

где в равности в каждом из (из пр-та  $a_i = \text{const}$ )  $\Rightarrow$

$\Rightarrow \sqrt{S_1} = a_1 t_1$

$\sqrt{S_2} = a_2 t_2$

т.к. в моменты остановки  $E_k = K$  в каждом из

Уг (I)  $\sqrt{S_1} = \sqrt{S_2} \Rightarrow a_1 t_1 = a_2 t_2 \Rightarrow$  (2)

$(a_1 t_1) \cdot t_1 = (a_2 t_2) \cdot t_2 \Rightarrow t_1 = t_2 \Rightarrow$  (3)

$a_1 t_1^2 = a_2 t_2^2 \Rightarrow a_1 = a_2$  (2)

поэтому в (2) можно упр-е где  $a_1$  и  $a_2$ :



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!

$\mu = 3$  (предположение) решение

$$\frac{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha}{m} = \frac{F - \mu mg}{m} \quad (.m)$$

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

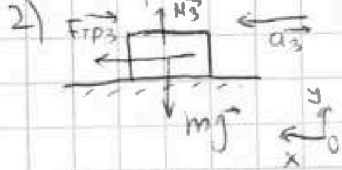
$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F \quad (.F \neq 0 \text{ (иначе тело бы не пошло)})$$

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

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

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

2) максимальная скорость  $v$  на горизонте  $v_1 = v_2 = v_3 = 0$ :



$$Oy: N_3 = mg \Rightarrow F_{тр3} = N_3 \mu = \mu mg \Rightarrow$$

$$Ox: a_3 = m = F_{тр3}$$

$$\Rightarrow \mu a_3 = \mu mg$$

$$a_3 = \mu g$$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_3} = \frac{v^2}{2\mu g} = \frac{v^2 \sin \alpha}{2g(1 - \cos \alpha)}$$

на высоте  $v^2$ :  $K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow$

$$2K = mv^2$$

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

$$\Rightarrow S = \frac{2K \sin \alpha}{2mg(1 - \cos \alpha)} = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

5.4 (продолжение решения)

$$2-3: Q_{23} = C_{p,23} \nu \Delta T_{23} = \frac{R\nu}{2} (T_3 - T_2) = \frac{R\nu}{2} (4T_1 - 8T_1) = \frac{R\nu}{2} (-4T_1) = -2\nu RT_1$$

$$\Delta U_{23} = U_3 - U_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (-4T_1) = -6\nu RT_1$$

$$Q_{23} = A'_{23} + \Delta U_{23}$$

$$-2\nu RT_1 = A'_{23} - 6\nu RT_1$$

$$4\nu RT_1 = A'_{23}$$

$$A'_{23} = 4\nu RT_1$$

$$\eta = \frac{A'_{\Sigma}}{Q_{\text{подуш}}} \cdot 100\%$$

$$A'_{\Sigma} = A'_{12} + A'_{23} + A'_{31} = 0 + 4\nu RT_1 - 1,5\nu RT_1 = 2,5\nu RT_1 = \frac{5\nu RT_1}{2}$$

$$\left. \begin{aligned} Q_{12} &= 2\nu RT_1 > 0 \\ Q_{23} &= -2\nu RT_1 < 0 \\ Q_{31} &= -6\nu RT_1 < 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{тепло от подушки только на участке 1-2} \Rightarrow Q_{\text{подуш}} = Q_{12} = \frac{2\nu RT_1}{2}$$

$$\Rightarrow \eta = \left( \frac{5\nu RT_1}{2} : \frac{2\nu RT_1}{2} \right) \cdot 100\% = \left( \frac{5\nu RT_1}{2} \cdot \frac{2}{2\nu RT_1} \right) \cdot 100\% = \frac{5}{2} \cdot 100\%$$

т.е.  $\eta$  чуть меньше 25%

$$3) pV = \nu RT \Rightarrow p = \frac{\nu RT}{V} \quad (1)$$

$$p_1 = \frac{\nu RT_1}{V_1} \quad (2)$$

$$(1) : (2): \frac{p}{p_1} = \frac{\nu RT}{V} \cdot \frac{V_1}{\nu RT_1} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V} \Rightarrow \frac{p}{p_1} \left( \frac{V}{V_1} \right) =$$

- итербона

$$\text{в м. (2): } \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 8 \cdot \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = 8 \cdot \frac{1}{\frac{V_2}{V_1}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

№4 (начало рещ-я)

1)  $A_{31} = -A'_{31}$ , где  $A'_{31}$  - работа газа в процессе 3-1

~~1-3~~ 1-3 и ТД:  $Q_{31} = A'_{31} + \Delta U_{31}$  ①  
науч от и др.      цикл в н. Е на уч-кест  
кельота на уч-ке 3-1

$$Q_{31} = C_{p31} \int_{T_3}^{T_1} \Delta T_{31} = -4T_1 + T_1 = -3T_1 \text{ - чл графика}$$

2R, чл графика

$$Q_{31} = 2R \int + 3T_1 = -6 \int RT_1 \text{ ②}$$

$$\Delta U_{31} = U_1 - U_3 = \frac{i}{2} \int RT_1 - \frac{i}{2} \int RT_3 = \frac{i}{2} \int R (T_1 - T_3) =$$

$$= \frac{i}{2} \int R (-4T_1 + T_1) = -\frac{i}{2} \int R \cdot 3T_1 \quad \left\{ \Rightarrow \Delta U_{31} = -\frac{3}{2} \int R \cdot 3T_1 = \right.$$

$$i=3 \text{ н.к. газ одноат / чл учл} \quad \left. = -\frac{9}{2} \int RT_1 = -4,5 \int RT_1 \text{ ③}$$

② и ③ в ①:  $-6 \int RT_1 = A'_{31} - 4,5 \int RT_1$   
 $A'_{31} = -1,5 \int RT_1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow A_{31} = -A'_{31} = -(-1,5 \int RT_1) = +\frac{3}{2} \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 200 =$$

$$= +300 \cdot 8,31 = +2493 \text{ Дж}$$

$A'_{31}$  - отрицательная

2)  $\eta = \frac{Q_{поуч}}{Q_{зат}} \cdot 100\%$

участок 3-1 уже был рассмотрен, 1-2 и 2-3 рассм. аналогично

1-2:  $Q_{12} = C_{p12} \int \Delta T_{12} = \frac{3R}{2} \int (8T_1 - T_1) = \frac{3R}{2} \int 7T_1 =$   
 $= \frac{21 \int RT_1}{2}$

$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \int RT_2 - \frac{3}{2} \int RT_1 = \frac{3}{2} \int R (8T_1 - T_1) =$$

$$= \frac{3}{2} \int R \cdot 7T_1 = \frac{21 \int RT_1}{2}$$

$$A'_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 0$$



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!

№24 (описание решения)

$R_{21} = R_{12} = 80 \text{ РТ}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

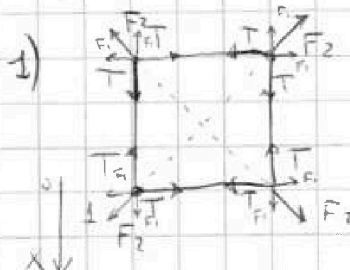
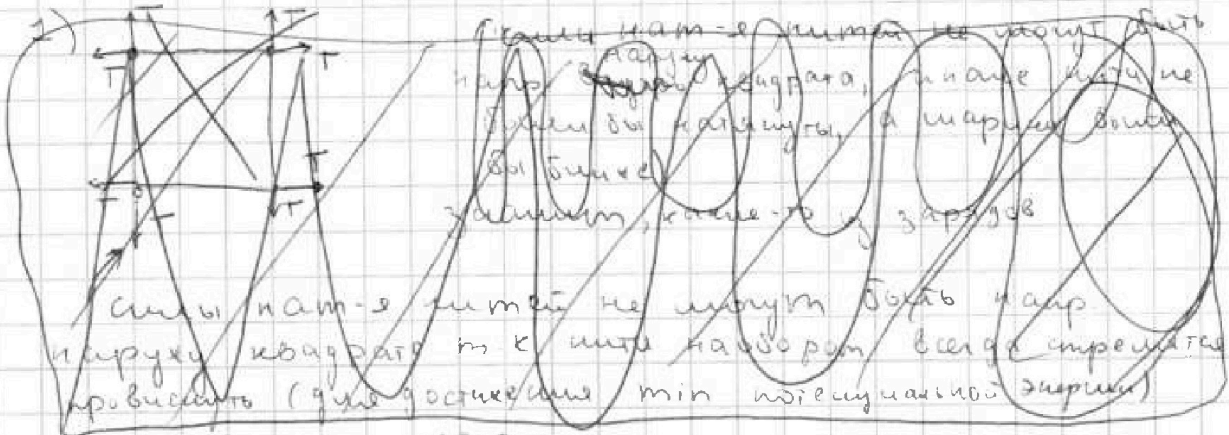
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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 (начало реш-я)



решение  
 $F_2$  - сила от т-е шариками, на т-е по диаг кв.  
 $F_1$  - сила от т-е и т-е на концы одного ребра =

запишем УР точки 1 в проекции на ось X:  $F_1 + F_2 \cos 45^\circ = T$

$$F_1 = \epsilon_0 \frac{q^2}{a^2}, \quad F_2 = \epsilon_0 \frac{q^2}{(\sqrt{2}a)^2} = \epsilon_0 \frac{q^2}{2a^2}$$

т.к. диа кв =  $\sqrt{2}$  ребра  
 из т. Пифагора  $\sqrt{2}$  заштрих  $\square$

$$\Rightarrow T = \epsilon_0 \frac{q^2}{a^2} + \epsilon_0 \frac{q^2}{2\sqrt{2}a^2} = \epsilon_0 \frac{q^2}{a^2} \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) = \epsilon_0 \frac{q^2}{a^2} \left( \frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}} \right) = \frac{\epsilon_0 q^2 (2\sqrt{2} + 1)}{2\sqrt{2} a^2}$$

$$2\sqrt{2} a^2 T = \epsilon_0 q^2 (2\sqrt{2} + 1)$$

$$|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2} a^2 T}{\epsilon_0 (2\sqrt{2} + 1)}} = a \sqrt{\frac{2\sqrt{2} T}{\epsilon_0 (2\sqrt{2} + 1)}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

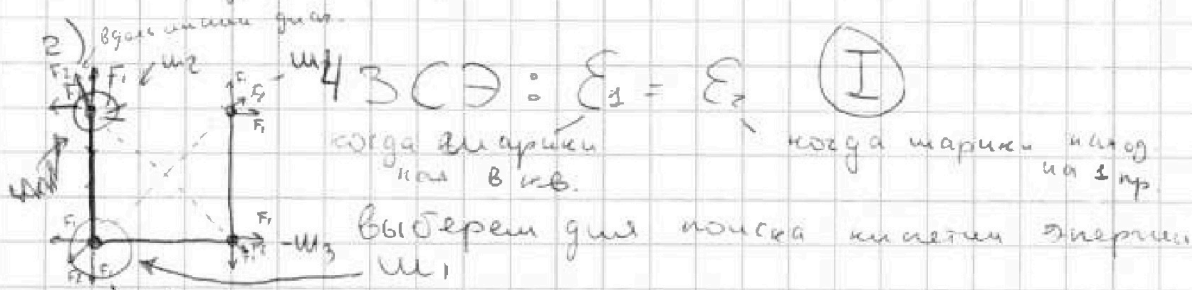
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МОТИ.**

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

Р5 (продолжение задачи 1)

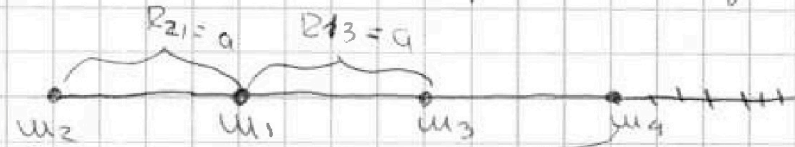


$\text{вдоль линии зарядов}$   
 $\text{когда шарик как в кв.}$   
 $\text{когда шарик на 3 пр.}$

выберем путь поиска энергии

$$E_1: E_1 = \frac{E_0 q^2}{a} + \frac{E_0 q^2}{a} + \frac{E_0 q^2}{\sqrt{2}a} = \frac{E_0 q^2}{a} \left( 1 + 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{E_0 q^2}{a} (2\sqrt{2} + 1) = \frac{E_0 q^2 (2\sqrt{2} + 1)}{\sqrt{2}a} \quad (1)$$

$E_2: E_2 = K + E_{21} + E_{13} + E_{14}$   
 энергии взаимод. со 2, 3, 4 ш. со 1 ш.



$$E_2 = \frac{E_0 q^2}{a} + \frac{E_0 q^2}{a} + \frac{E_0 q^2}{2a} + K = \frac{E_0 q^2}{a} \left( 2 + \frac{1}{2} \right) = \frac{5 E_0 q^2}{2a} \quad (2)$$

(1) и (2) в (I):  $\frac{E_0 q^2 (2\sqrt{2} + 1)}{\sqrt{2}a} = \frac{5 E_0 q^2}{2a} + K$

$$K = \frac{E_0 q^2 (2\sqrt{2} + 1)}{\sqrt{2}a} - \frac{5 E_0 q^2}{2a} = \frac{E_0 q^2}{a} \left( \frac{2\sqrt{2} + 1}{\sqrt{2}} - \frac{5}{2} \right) = \frac{E_0 q^2}{a} \left( \frac{(2\sqrt{2} + 1)\sqrt{2}}{2} - \frac{5}{2} \right) = \frac{E_0 q^2}{2a} (4 + \sqrt{2} - 5) = \frac{E_0 q^2 (\sqrt{2} - 1)}{2a}$$

$$= \frac{\sqrt{2} - 1}{2} \cdot \frac{\sqrt{2} a^2 T}{(2\sqrt{2} + 1)} = \frac{(\sqrt{2} - 1)\sqrt{2} a T}{2\sqrt{2} + 1} = \frac{(2 - \sqrt{2}) a T}{2\sqrt{2} + 1}$$

ответ: 1)  $|q_1| = a \sqrt{\frac{2\sqrt{2} T}{E_0 (2\sqrt{2} + 1)}}$  2)  $K = \frac{(2 - \sqrt{2}) a T}{2\sqrt{2} + 1}$