



# 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.

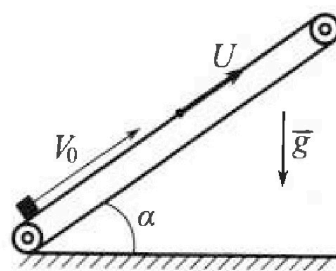
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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.

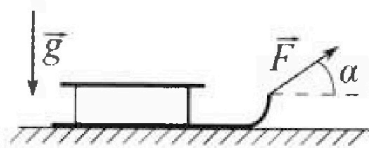
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.



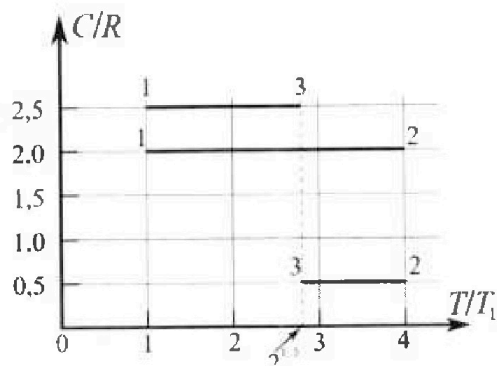
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01



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

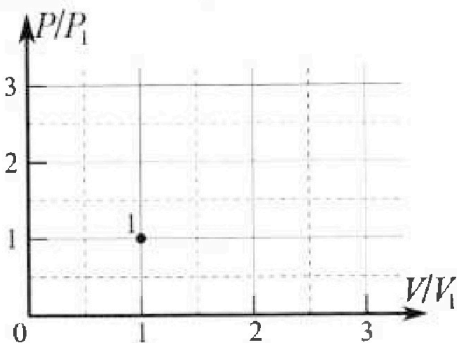
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



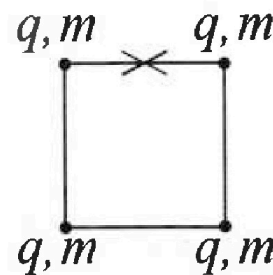
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  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.



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.

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



Подставим  $v_{\max}$  в ур-е для  $y$ :

$$\frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2(1+t^2)}{v_0^2} = y_{\max}$$

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

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} 4 \text{м}^2}{2 \cdot 400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 20 \text{ м} - 5 \text{ м} = 15 \text{ м}$$

Ответ: ①  $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

②  $y_{\max} = 15 \text{ м}$

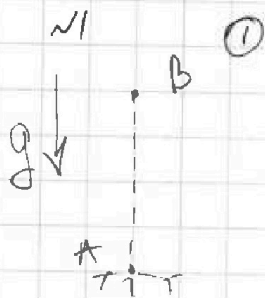
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$v(t) = v_0 - gt$$

$$v(t) = 0 \text{ в т. В (max. высоте)}$$

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

②

Проверим меньше ли  $S$  чем  $L_{\text{max}}$ .

$$L_{\text{max}} = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{v^2}{g} = 40 \text{ м}$$



~~Область под траекторией!  $L_{\text{max}} > S$~~

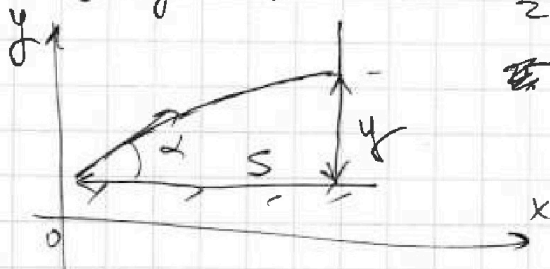
$$L_{\text{max}} > S$$

Значит задачу имеет смысл решать.



Ур-я движения:

$$\begin{cases} O_x: v \cos \alpha t = S \\ O_y: v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = y \end{cases} \quad \left( \begin{array}{l} \text{метали под углом } \alpha \\ \text{рисуюнок шме} \end{array} \right)$$



$$S \tan \alpha - \frac{gS^2}{v^2 \cos^2 \alpha} = y$$

Возьмем производную:

$$S \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{gS^2 \sin \alpha}{v^2 \cos^3 \alpha} = 0$$

$(\cos^2 \alpha \neq 0)$

$$1 - \frac{gS}{v^2} \tan \alpha = 0 \Rightarrow \tan \alpha_{\text{max}} = \frac{v^2}{gS}$$

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. Запишем  $\Sigma F$  для  $\mu$  и  $\Sigma$  вышелем вверх  
 для коробки:



т.к.  $F_{Tx} < 0$

$\Sigma y: N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

$\Sigma x: -F_f - mg \sin \alpha = ma$

т.к. у коробки есть ск-ть, то есть  $v$

вышелем след:  $F_f = \mu N$

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

Коробка вылезла с этой ускор-ем, остановится и будет двигаться уже вниз.

$\Sigma F$  для  $\mu$  и  $\Sigma$  вниз: ( $F_{Tx} > 0$ )

$\Sigma y: N - mg \cos \alpha = 0$

$\Sigma x: F_f - mg \sin \alpha = ma$

$a_H = g(0,6 - 0,8) = -0,6g$

$\Delta S_B = S_H = v_0 t_B$

$T = t_B + t_H$ ;  $t_H$  - время скачка вверх  
 $t_B$  - время удара

Найдем  $S_B$ :

$S_B = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{16 \frac{m^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 0,8 m$

$S_H = 0,2 m$  ( $S_H = S - S_B$ )

$t_H = \sqrt{\frac{2S_H}{a_H}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 m}{9,6 \cdot 10 \frac{m}{c^2}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 c^2}{6}} = \sqrt{\frac{1}{60}} c$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

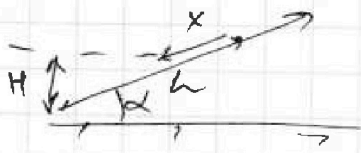
1  2  3  4  5  6  7



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

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2a_8} = \frac{12 \frac{M}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{M}{c^2}} = 0,6 \text{ м}$$

③  $H = (L - x) \cdot \sin \alpha$



~~$x = \frac{u^2 - u^2}{2a_H}$~~  В со митов  
когда коробка наберёт  
скорость  $u$  она остановится.

Это значит, что ускорение у неё  
уже  $a = a_H = 0,6 \text{ g}$

$$x = \frac{u^2 - u^2}{2a_H} = 0$$

$$H = L \cdot \sin \alpha = 0,8 L = 0,48 \text{ м}$$

Ответ: ①  $T = 0,43 \text{ с}$

②  $L = 0,6 \text{ м}$

③  $H = 0,48 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

ЛФТИ

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



$t_0$   $t_{00}$   $t_0 \in t_0 t_0$

$$t_0 = \frac{v_0}{a} \quad (\text{скорость станет } 0)$$

$$t_0 = \frac{4 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 0,4 c$$

$$T = 0,4 c + \frac{L}{\sqrt{60}} c = 0,4 c + \frac{\sqrt{60}}{30} c \approx 0,4 c + \frac{0,78}{30} c \approx 0,43 c$$

2 По второму уравнению движения Дунитинаского-Рейв с тем же ускорением  $a = a_0 = g$  (направление  $x$ )

~~по второму уравнению движения системы Дунитинаского-Рейв~~

~~$$v(t) = (v_0 - u) t + 0 \Rightarrow v_0 - u = \frac{L}{t} \Rightarrow \frac{c}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{L}{0,4 c}$$~~

~~$$S(t) = (v_0 - u) t - \frac{g t^2}{2} = L$$~~

~~$$0,4 \cdot 0,4 - \frac{10}{2} \cdot 0,4^2 = \frac{L}{0,4} - \frac{10}{2} \cdot 0,4^2 = (0,4 - 0,2) m = L$$~~

~~$$L = 0,2 m$$~~

3) Внимательно читать!

~~$$v(t) = -u + at \Rightarrow t = \frac{u}{a} = \frac{c}{10 \frac{m}{c^2}} = 0,1 c$$~~

~~$$x = \frac{u t}{2} = \frac{c \cdot 0,1 c}{2} = \frac{1}{20} m$$~~

Смотреть еще страницу

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

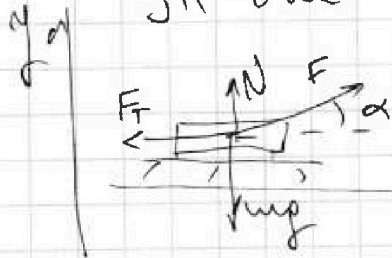
- 1  2  3  4  5  6  7

ЛМОТИ

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

вз

ЗН One саник. сн 1:

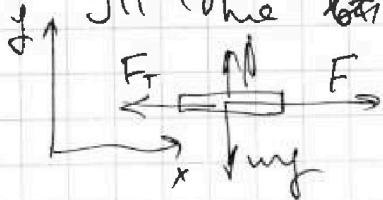


$$O_y: N - mg + F \sin \alpha = 0$$

$$O_x: -F_f + F \cos \alpha = ma_1$$

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

ЗН One сан. сн. 2:



$$O_y: N - mg = 0$$

$$O_x: F - F_f = ma_2$$

$$ma_2 = F - \mu mg$$

$$a_1 = a_2 \quad (\text{т.к. } t_1 = t_2)$$

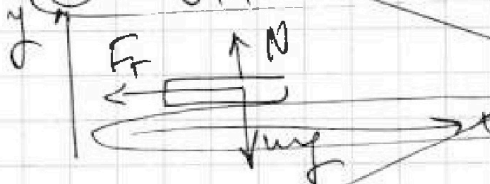
$$ma_1 = ma_2$$

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

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

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

ЗН:



$$O_x: -F_f = ma$$

$$O_y: N - mg = 0$$

$$a = -g \cdot \mu$$

~~$v(t) = 0 = v_0 - \mu g t \Rightarrow t = T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$~~

Р<sub>н</sub>



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

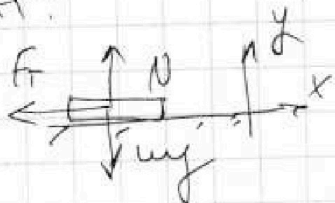
МФТИ

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

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

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

② ЗН:



$$O_y: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$O_x: -F_T = ma$$

$$a = -\mu g$$

$$v(t) = 0 = v_0 + at = v_0 - \mu g t \Rightarrow v_0$$

$$t = T = \frac{v_0 \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} g$$

Ответ!  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}, T = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

МФТИ

~~$P = c_{0T} \rho_0 \frac{1}{\rho}$~~   
 ~~$\rho_0 \rho^{-1} \frac{1}{\rho}$~~   
~~Кл - Менд:~~

~~$$PV = \rho R T \Rightarrow \Delta T \frac{1}{\rho R} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$~~

~~$$Q_{ij} = c_{0T} = c_{0T} \frac{A_{ij}}{\Delta T_{ij}}$$~~

~~$$c = \text{const} = c + \frac{A_{ij}}{\Delta T_{ij}} \Rightarrow \frac{A_{ij}}{\Delta T_{ij}} = \text{const}$$~~

~~$$A_{ij} = k \Delta T_{ij} \quad (\text{минимальное } j - \rho_0)$$~~

~~$$dA = k dT$$~~

~~$$\rho R P dV = k (P dV + V dP)$$~~

~~$$(\rho R - k) P dV = k V dP$$~~

~~$$\frac{dP}{P} = \frac{dV}{V} \frac{\rho R - k}{k}$$~~

~~$$PV^{\frac{k - \rho R}{k}} = \text{const}$$~~

~~$$P_1 V_1^h = P_2 V_2^h$$~~

~~$$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^h \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{-h}$$~~

~~3-й Кл - Менд:~~

~~$$PV = \rho R T, \quad P_1 V_1 = \rho R T_1, \quad P_2 V_2 = \rho R \cdot 4 T_1$$~~

~~$$P_3 V_3 = \rho R \sqrt{2} \cdot 2 T_1$$~~

~~$$\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = 4 \quad \left. \right\} \quad \frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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



$$D_t = Pdv + v dP \quad F - \mu mg = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$

$$C = C_0 + \frac{Pdv \cdot R}{Pdv + v dP} \Rightarrow \frac{C - C_0}{C_0 - C_0} = \frac{Pdv}{Pdv}$$

$$C_v = C - R$$

$$C_0 - C_v = R$$

$$Pdv = k \Delta T$$

$$Pv = DR \Delta T$$

$$\Delta T = Pdv + v dP$$

$$Pdv = DR(Pdv + v dP)$$

$$Pdv(1 - R) = Rv dP$$

$$a \ln V = \ln D$$

$$\frac{0.6 \cdot 0.4}{2 \cdot 0.6} = \frac{V_2^a}{V_1^a}$$

$$V \cdot P = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$V^{-1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{0.6 \cdot 0.4}{2} = 0.2 \quad V = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{0.6 \cdot 0.4}{2} = 0.2 \quad V = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

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!



24

во 1 касану

$$\textcircled{1} C \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U + A}{\Delta T} = C + \frac{A}{\Delta T}$$

$$A = C \cdot \Delta T - C \Delta T = 2R \cdot 3T_1 - \frac{3}{2}R \cdot 3T_1 = \\ = \frac{3}{2}RT_1$$

2) т.к.  $C_{ij} = \text{const}$ , то  $Q_{ij} = C_{ij} \Delta T$

Выводим, что в циклах:  $1 \rightarrow 2, Q > 0$

в циклах:  $2 \rightarrow 3, 3 \rightarrow 1, Q < 0$

т.е.  $\eta = \frac{Q_+}{Q_-} = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_-} = 1 - \frac{|Q_-|}{Q_+}$

$$Q_+ = C_{12} \cdot \Delta T_{12} = 2R \cdot 3T_1$$

$$Q_- = \sum Q_{-i} = Q_{23} + Q_{31} = 3.5R(2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) + 2.5R(T_1 - 2\sqrt{2}T_1) = \\ = T_1 R \sqrt{2} - 2T_1 R + 2.5T_1 R + 5\sqrt{2}T_1 R = \frac{3}{2}RT_1 - 4\sqrt{2}RT_1$$

$$\eta = 1 - \frac{-\frac{3}{2} + 4\sqrt{2}}{2.3} = 1 - \frac{-1 + 8\sqrt{2}}{12} + \frac{+13 + 8\sqrt{2}}{12} \approx$$

$$\textcircled{=} 6\sqrt{2}RT_1 - 5.5RT_1$$

$$\eta = 1 - \frac{6\sqrt{2} - 5.5}{6} = \text{кор} \quad \text{т.е. } \eta = 1 - \sqrt{2} + \frac{5.5}{6} =$$

$$\approx -0.28 + 0.92 = 0.64$$



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!

$$C = C_0 + \frac{\delta A}{\delta T} = C_{\text{const}}$$

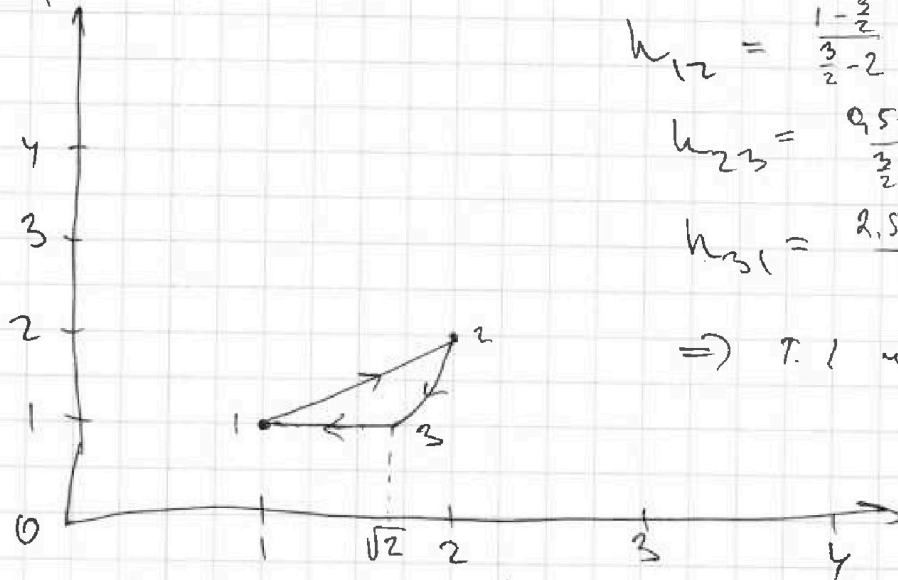
$$C = C_0 + \frac{R P dV}{P dV + V dP} \Rightarrow \frac{C - C_0}{C_0 - C} = \frac{R dV}{P dV + V dP}$$

$$\Rightarrow (C - C_0) P dV + V dP (C - C_0) = R P dV$$

$$P dV (C - C_0 - R) = V dP (C_0 - C)$$

$$\left| V \frac{C - C_0 - R}{C_0 - C} = P \cdot k \right| \quad \frac{P}{V P_1} = \frac{V^k}{V_1^k}$$

$\frac{P}{P_1}$



$$k_{12} = \frac{1 - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - 2} = \frac{-0,5}{-0,5} = 1$$

$$k_{23} = \frac{0,5 - 1 - \frac{3}{2}}{\frac{3}{2} - 0,5} = \frac{-2}{1} = -2$$

$$k_{31} = \frac{2,5 - \frac{3}{2} - 1}{2,5 - \frac{3}{2}} = \frac{0}{1} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  1, 2 и 3 имеют  
на диаграмме  
 $\frac{V}{V_1}$  элемент

$$P_2 V_2 = P_3 V_3 = P_1 V_1 \Rightarrow V =$$

$$P_3 V_3 = \sqrt{2} \frac{P_1 V_1}{\sqrt{2}}$$

Ответ: ①  $A = \frac{3}{2} R T_1$

②  $\eta = 0,64$

③  $\epsilon = 0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается «терновиком» и не проверяется. Числа QR-кода недопустима!



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

$$L = v_x t$$

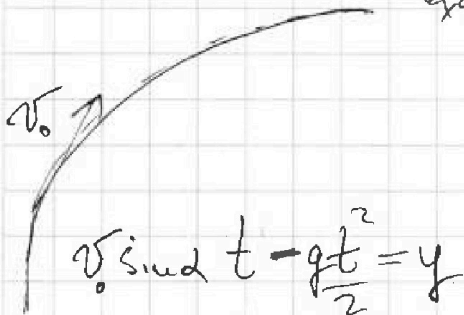
$$\frac{400}{10} = 40$$

$$\sqrt{2} = \frac{172}{172} = \frac{344}{172} = \frac{1204}{172} = \frac{15584}{172}$$

$$y = v_y t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$t = \frac{2v_y}{g}$$

$$\frac{172}{172} = \frac{149}{172} = \frac{17}{172}$$



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

$$v_0 \cos \alpha t = S$$

$$L = \frac{2v_x v_y}{g} = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$S \sin \alpha - \frac{S^2}{2v^2 \cos^2 \alpha} = y$$

$$\frac{S}{\cos^2 \alpha} + \frac{2S^2 g (-\sin \alpha)}{2v^2 \cos^3 \alpha} = 0$$

$$1 - \frac{Sg}{v^2} \tan \alpha = 0$$

$$60 \sim 8$$

$$\frac{78}{78}$$

$$\approx 0,78 \cdot 2\sqrt{2}$$

$$\frac{624}{546} = \frac{6084}{6084}$$

$$\frac{0,78}{50} =$$

$$\frac{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}{\tan \alpha}$$

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

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

$$\tan^2 \alpha + 1 =$$

$$\frac{78}{30 \cdot 100} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{718}{6} \sqrt{2,6}$$

$$= 18$$

$$\frac{v^2}{2g} = S_0 \cdot \sin \alpha$$

проверим:

$$A = \int P dx$$

мД

$$L = \frac{v^2 - u^2}{2a} = \frac{16 - 4}{2 \cdot 10} = \frac{12}{2 \cdot 10^5}$$

$$\frac{10}{4,6} = \frac{10}{6}$$

$$0,6 \cdot \frac{78}{3} \cdot \frac{1}{1000}$$

$$26$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

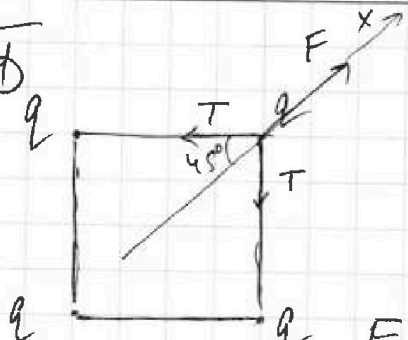
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1



3И одна формула:  
 $a=0$

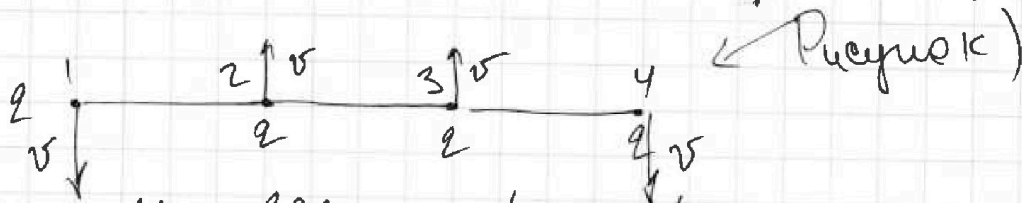
$$F - 2T \cos 45 = 0$$

$$F = T\sqrt{2}$$

$$F = 2F_i = \frac{2kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} = \frac{5}{2} \frac{kq^2}{b^2}$$

$$T = \frac{F}{\sqrt{2}} = \frac{5}{2\sqrt{2}} \frac{kq^2}{b^2}$$

2) Из симметрии скорости крайних двух шариков



из 3И скорости средних тоже будут равны.

итого:  $E_n + E_k = E_n' + E_k'$

$$E_n = E_n' + E_k'$$

$$E_n = \frac{2kq^2}{b} \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \left( \frac{2kq^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} \right)$$

$$E_n = \frac{kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{b} = \left( 2 + \frac{1}{3} \right) \frac{kq^2}{b} = \frac{7kq^2}{3b}$$

$$E_n' = E_{12} + E_{13} + E_{14} + E_{23} + E_{24} = \frac{kq^2}{b} \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2} \right) = \frac{10}{3} \frac{kq^2}{b}$$

$$E_k' = 2\omega v^2$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

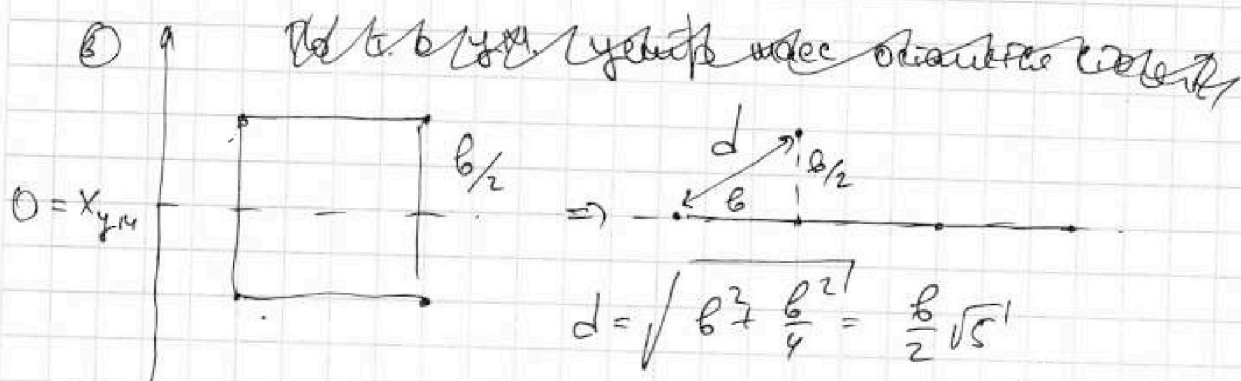
МФТИ

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

$$\left( \frac{4kq^2}{\epsilon} + \frac{2}{\sqrt{2}} \right) \frac{kq^2}{\epsilon} = \frac{10}{3} \frac{kq^2}{\epsilon} + 2\omega v^2$$

$$v^2 = \frac{kq^2}{\omega \epsilon} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{5}{3} \right) = \frac{kq^2}{\omega \epsilon} \left( \frac{6\sqrt{2} + 3 - 5\sqrt{2}}{3\sqrt{2}} \right) =$$

$$= \frac{\sqrt{2} + 3}{3\sqrt{2}} \frac{kq^2}{\omega \epsilon} \Rightarrow v = q \sqrt{\frac{k}{\omega \epsilon} \frac{\sqrt{2} + 3}{3\sqrt{2}}}$$



На у.м. центр не был выбран, поэтому его СК-Пб не принималась, а она была равна 0.

Ответ:

- ①  $T = \frac{5}{2\sqrt{2}} \frac{kq^2}{\epsilon}$
- ②  $v = q \sqrt{\frac{k}{\omega \epsilon} \frac{\sqrt{2} + 3}{3\sqrt{2}}}$
- ③  $d = \frac{b}{2} \sqrt{5}$



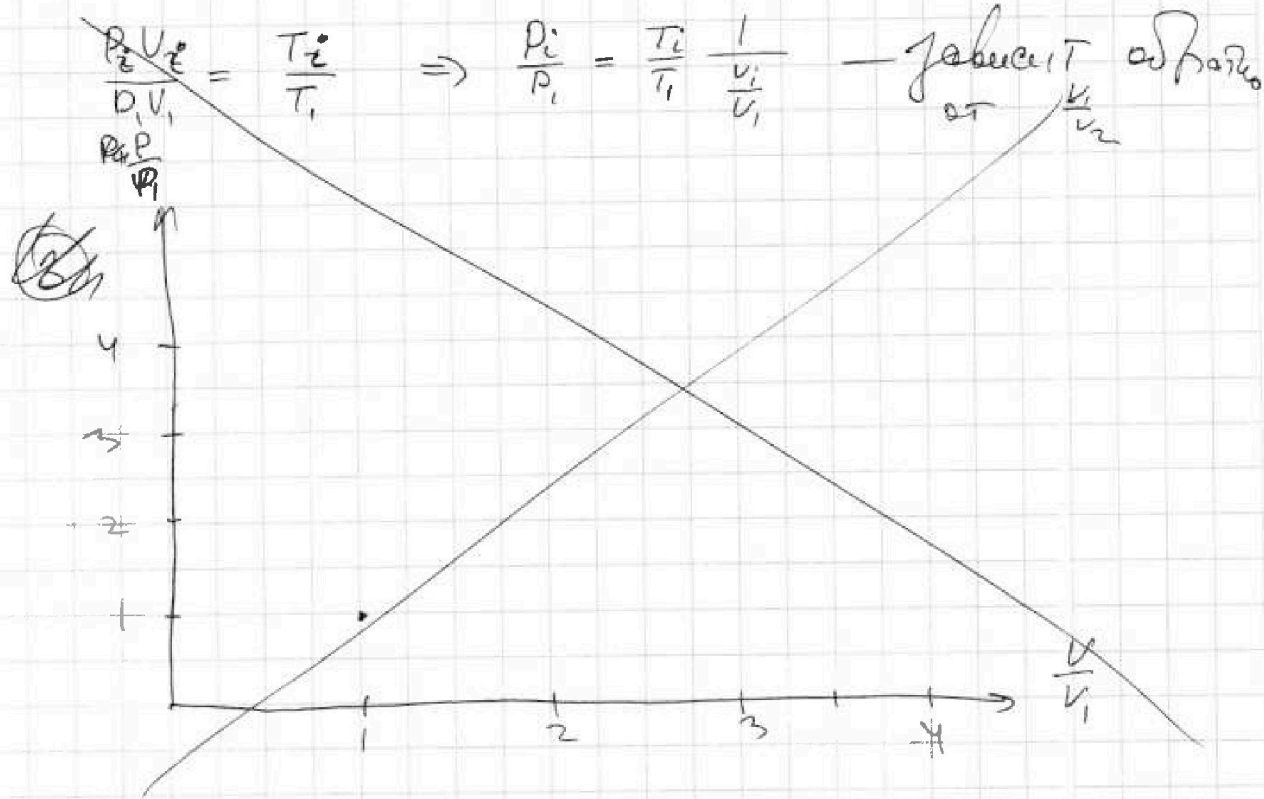
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

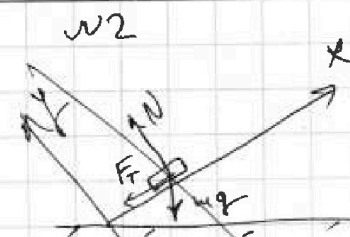
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



3H Две коробки!

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

$$Ox: -F_{тр} - mg \sin \alpha = a \cdot m$$

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

$$-a = g\mu \cos \alpha + g \sin \alpha$$

3-й шаг:

$$S(t) = v_0 t + \frac{a t^2}{2} \quad (\text{с учетом знака})$$

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

решим две  $S = 1 \text{ м}$ ,  $v_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ,  $\mu = \frac{1}{3}$ ,  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$$1 = 4T - 5 \left( \frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right) T^2 \quad (\text{получим уравнение})$$

$$5T^2 - 4T + 1 = 0 \quad \Delta = 16 - 20$$