



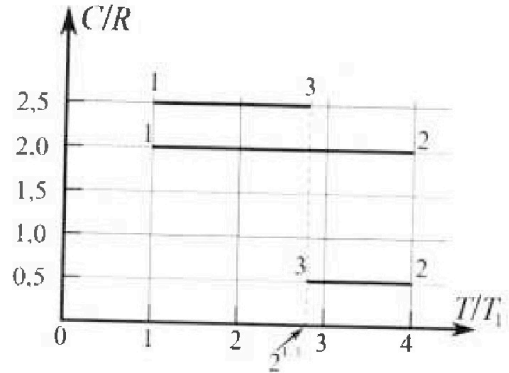
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



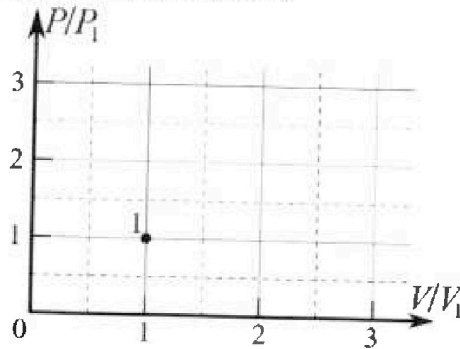
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



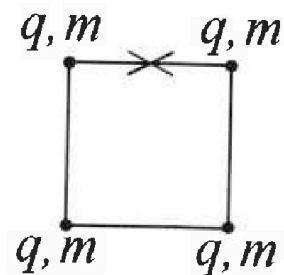
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.



# 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.

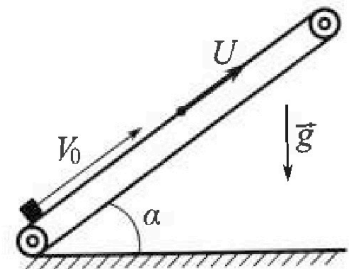
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.

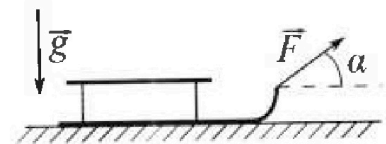
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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.



На одной странице можно оформлять только одну задачу

Отметьте крестиком номер задачи.

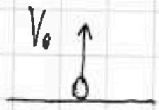
решение которой представлено на странице:

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!

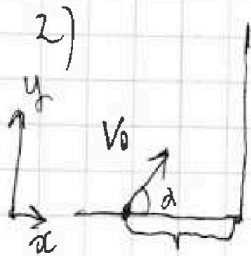
№7



1) Заметим, что в вершине траектории мяч имеет ~~то~~ направление движения, значит в этот момент скорость мяча равна 0. Это значит равноускоренное движение:

$$0 = V_0 - gT \Rightarrow V_0 = gT = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2\text{с} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ответ к в. 1);  $V_0 = 20 \text{ м/с}$



Пусть  $H$  - максимальная высота на которую поднялся мяч в процессе движения при произвольном угле  $\alpha$  между вектором скорости и горизонталью.

$H = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$ , где  $t$  - время движения до удара о землю. Возведем во  $y$  и  $x$ :

$$H = V_0 \sin \alpha t - g \frac{t^2}{2}; \quad S = V_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

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

$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \tan \alpha = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1}; \quad \text{Пусть } \frac{1}{\cos^2 \alpha} = x, \text{ тогда:}$$

$H = S \sqrt{x-1} - \frac{g}{2} \frac{S^2}{V_0^2} x$ . Про дифференцируем и найдем максимум (формула не помню;  $f'(x) = 0$ ).

$$H' = S \frac{1}{2\sqrt{x-1}} \cdot 1 - \frac{g}{2} \frac{S^2}{V_0^2} \cdot 1 = 0$$

$$\frac{S}{2\sqrt{x-1}} = \frac{g}{2} \frac{S^2}{V_0^2} \Rightarrow \sqrt{x-1} = \frac{V_0^2}{gS} \Rightarrow x = \frac{V_0^4}{g^2 S^2} + 1$$

$$x = \frac{20^4 \cdot 20^2}{100 \cdot 20^2} + 1 = \frac{400}{100} + 1 = 5 \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} = 5 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

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!

$$\text{при } \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{5}} ;$$

$$H = 5 \sqrt{2-1} - \frac{g \cdot 5^2}{2V_0^2} \cdot 00 = 20 \cdot \sqrt{1} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} \cdot 5 =$$

$$40 - 25 = 15 \text{ м}$$

ответ к п. 2): 15 м

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

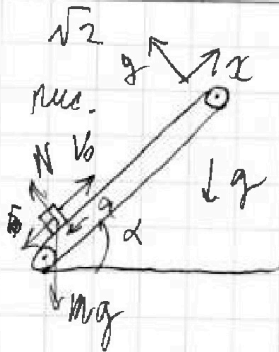
Отметьте крестиком номер задачи.

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!



$\sin \alpha = 0,8$  1) Запишем II З.П. в проекциях на  $x$  и  $y$  (рис.):

$$\begin{cases} 0 y: & mg \cos \alpha = N \\ 0 x: & ma = mg \sin \alpha + F_{тр} \end{cases}$$

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \Rightarrow$$

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

Запомним, что, на кон. мигу, маневр равен  $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} =$

$$\sqrt{1 - 0,64} = \sqrt{0,36} = 0,6 \Rightarrow a = g\left(0,8 + \frac{0,6}{3}\right) = g$$

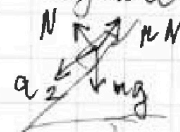
Выделим  $S_{max}$  - расстояние, на которое "непривлечен" груз. В этот момент его скорость  $v_k = 0$ .

$$0 = v_0 - at = v_0 - gt \Rightarrow t = \frac{v_0}{g}$$

$$S_{max} = v_0 t - \frac{at^2}{2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g v_0^2}{2g^2} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4 \cdot 4}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20}$$

$= 0,8$  м. Значит, в первом опыте груз остановится и уже начнет двигаться при значении пути  $S$ .

Рассмотрим процесс сдвигания:



$$ma_2 = mg \sin \alpha - \mu N = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g\left(0,8 - \frac{0,6}{3}\right) = 0,6g$$

$$s - S_{max} = \frac{a_2 t_2^2}{2} \Rightarrow t_2^2 = \frac{2(s - S_{max})}{a_2} = \frac{s - S_{max}}{0,3g} \Rightarrow$$

$$t = t + t_2 = \frac{v_0}{g} + \sqrt{\frac{s - S_{max}}{0,3g}} = \frac{4}{10} + \sqrt{\frac{0,2}{3}} = \frac{312}{30}$$

$$0,4 + \frac{1}{\sqrt{15}} = \frac{0,4\sqrt{15} + 1}{\sqrt{15}}$$

$$\text{Ответ к п.1): } t = 0,4 + \frac{1}{\sqrt{15}} = \frac{6 + \sqrt{15}}{15}$$

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. Печать QR-кода недоступна!

2) Переключим в  $CO_1$  "транспортер". Зададим движение относительно этой  $CO$ . Заметим, что ускорение и силы, действующие на груз такие же, как в пункте 1).  $\Rightarrow a_2 = g$  ( $a_2$  - ускор. груза)

Если  $v_2 = u$ , то груз в  $CO_1$  "транспортер" покоится  $\Rightarrow v_{отн} = 0$ . Тогда:

$V_0 - g t_3 = 0 \Rightarrow t_3 = \frac{V_0}{g}$ . Из пункта 1) следует, что т.к. в  $CO_2$  "транспортер" движение происходит как в  $ACO$  в п. 1), то  $S_2 = S_{max}$  (перемещение относительно транспортера). Тогда:

$$L = ut + S_{max} = \frac{uV_0}{g} + S_{max} = \frac{2 \cdot 4}{10} + 0,8 = 1,6 \text{ м}$$

Ответ к п. 2):  $h = 1,6 \text{ м}$

3) Если в  $ACO$   $v_{груза} = 0$ , то в  $CO_1$  "транспортер"  $v_{отн. груза} = u$ . Из п. 1) следует, что  $a_{груза} = 0,5g$  при движении вниз,  $\Rightarrow u = 0,5g t_k$  ( $t_k$  - время от движения транспортера момента из пункта 2) и отмирания  $u$  в  $CO_1$  "транспортер")

$$t_k = \frac{u}{0,5g} \Rightarrow L_2 = \frac{at_k^2}{2} = \frac{0,5g u^2}{2 \cdot (0,5g)^2} = \frac{u^2}{2 \cdot 0,5g}$$

В  $ACO$  перемещение груза за это время:

$$\Delta h = ut_k - \frac{u^2}{2 \cdot 0,5g} = \frac{u^2}{0,5g} - \frac{u^2}{2 \cdot 0,5g} = \frac{u^2}{1,2g} \Rightarrow$$

$$H = (L + \Delta h) \sin \alpha = \left(1,6 + \frac{1}{3}\right) 0,8 = \frac{5,8}{3} \cdot 0,8 = \frac{4,64}{300} \cdot \frac{116}{75} \text{ м}$$

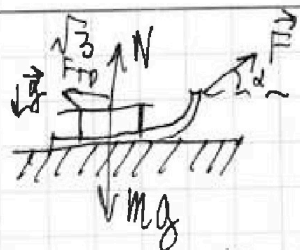
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Печать QR-кода недоступна!



1) Рассмотрим I случай.  
II з.н.:

$$ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}; F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \Rightarrow$$

$$ma = F \cos \alpha - \mu mg; F_{\text{тр}} = \mu N = \mu (mg - F \sin \alpha) \Rightarrow$$

# a1

$$ma = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) -$$

$\mu mg$

II случай:

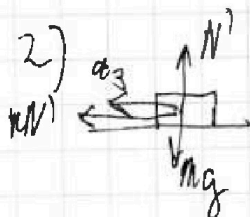
$$ma_2 = F - \mu N = F - \mu mg$$

$t_1 = t_2$  (по условию время разгона в обоих случаях равно)

$$\frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{a_2} \Rightarrow a = a_2 \Rightarrow F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) = F \Rightarrow$$

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

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



по II з.н.

$$ma_3 = F_{\text{тр}}$$

(N') - сила реакции  
(m - масса саней)  
( $a_3$  - ускорение)

$$ma_3 = \mu N' = \mu mg \Rightarrow$$

$a_3 = \mu g$ . При остановке скорость равна 0  $\Rightarrow$

$$0 = v_0 - a_3 T = v_0 - \mu g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g(1 - \cos \alpha)} \sin \alpha$$

ответ к н. 2):  $T = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$

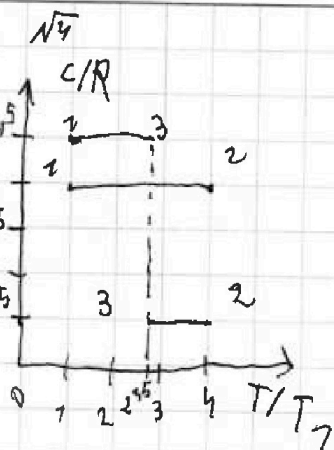
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1) В процессе 1-2  $C_{12} = \text{const}$

$$Q = C_{12} \Delta T_{12} = A_{r12} + \Delta U_{12} \quad (\text{по I закону термодинамики})$$

$$C_{12} \Delta T_{12} - \Delta U_{12} = A_{r12}$$

$$A_{r12} = C_{12} (4T_1 - T_1) - \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1)$$

$$= 2R \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} R \cdot 3T_1 = 3T_1 (2R - 1.5R) = \frac{3}{2} RT_1 =$$

$$\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 400 = 4986 \text{ Дж} \leftarrow \text{ответ к п 1)}$$

2)  $\eta = \frac{A_r}{Q_H}$  - работа газа

$Q_H$  - теплота на нагрев  $\eta = 1 - \frac{|Q_{out}|}{Q_H}$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_H}$$

$$\begin{cases} Q_{12} = C_{12} \Delta T_{12} = 2R \cdot 3T_1 > 0 \\ Q_{23} = C_{23} \Delta T_{23} = \frac{R}{2} T_1 (2^{1.5} - 4) < 0 \\ Q_{31} = C_{31} \Delta T_{31} = 2.5RT_1 (1 - 2^{1.5}) < 0 \end{cases}$$

$\downarrow$   
 $Q_H = Q_{12} \quad (Q_{23} \text{ и } Q_{31} < 0)$

$$\eta = \frac{A_r}{6RT_1}$$

$$A_r = Q_H A_{12} + C_{23} \Delta T_{23} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + C_{31} \Delta T_{31} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31}$$

$$= A_{12} + RT_1 \left( \frac{2^{1.5} - 4}{2} + \frac{3}{2} (1 - 2^{1.5}) \right) - \frac{3}{2} \nu R (T_1 (2^{1.5} - 4 + 1 \cdot 2^{1.5}))$$

$$= \frac{3}{2} RT_1 + RT_1 \left( \frac{2^{1.5} - 4 + 3 - 3 \cdot 2^{1.5}}{2} \right) - \frac{3}{2} RT_1 (-3) =$$

$$RT_1 \left( \frac{3}{2} + \frac{3}{2} + \frac{-4 \cdot 2^{1.5} + 7}{2} \right) = \frac{831 \cdot 4}{2} (1 - 4 \cdot 2^{1.5}) =$$

$$1662 (1 - 4 \cdot 2^{1.5}) = 1662 \cdot 4 (3 - 2^{1.5}) \approx 6648 \cdot 0,24$$



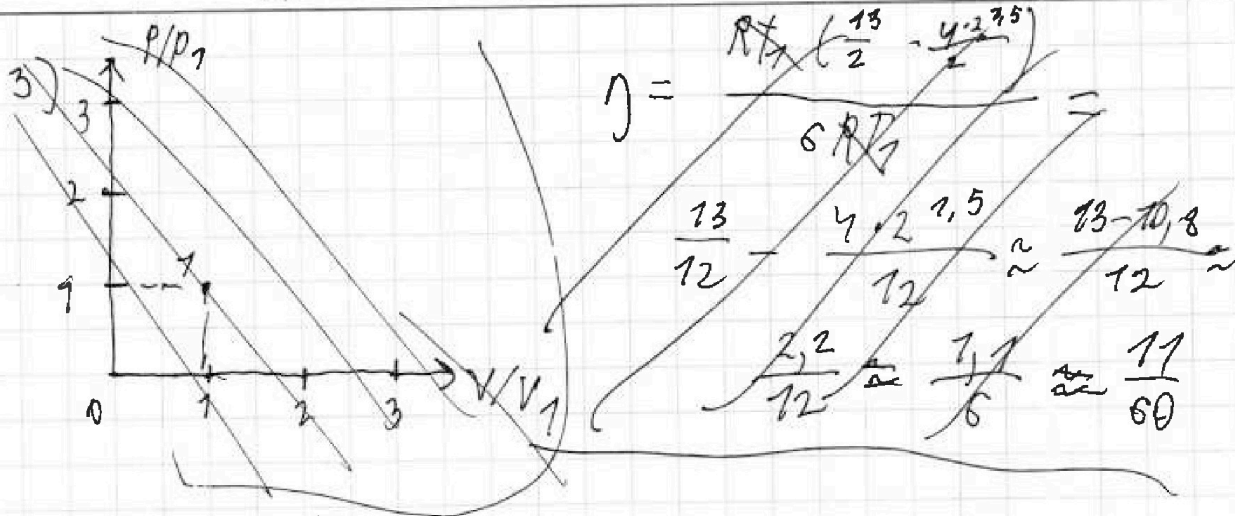
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\eta = 1 - \frac{|Q_x|}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_{23} + Q_{41}|}{6RT_1} = 1 - 1 \cdot \frac{0.5 \cdot 4\sqrt{2}}{6}$$

$$1 - \frac{1 - 8\sqrt{2}}{12} = \frac{11 + 8\sqrt{2}}{12} \quad \leftarrow \text{ответ к н.2)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

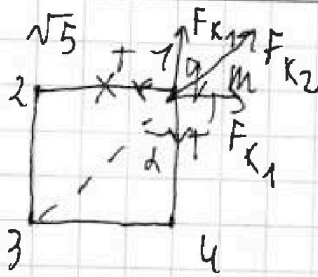
решение которой представлено на странице:



- 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!



1) Заменим II з.Н. для шарика 1  
 $d$  - угол между  $d$  и стороной,  
 $F_{K1}$  и  $F_{K2}$  - сил. прел.

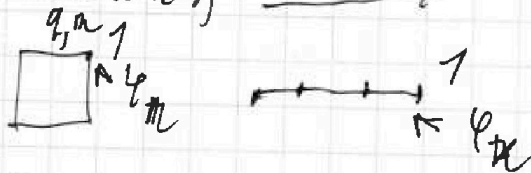
$$2T \cos d = 2F_{K1} \cos d + F_{K2} = 2k \frac{q^2}{b^2} \cos d + k \frac{q^2}{b^2} =$$

$$kq^2 \left( \frac{2}{b^2} \cos d + \frac{\cos^2 d}{b^2} \right) = kq^2 \frac{1}{b^2} \left( 2 \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} \right) =$$

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

ответ к н.1)  $T = \frac{kq^2}{b^2} \frac{2\sqrt{2}+1}{2\sqrt{2}}$

2) по 3СЭ:



$$\frac{mv^2}{2} = q(\varphi_k - \varphi_n), \text{ где } \varphi_k \text{ и } \varphi_n \text{ - потенциалы}$$

для точек находящаяся шарика 1.

Тогда по принципу суперпозиции:

$$\frac{mv^2}{2} = -q \left( k \frac{q}{b} + k \frac{q}{2b} + \frac{kq}{3b} - \frac{kq}{b} - \frac{kq}{b} - \frac{kq}{b} \cos d \right)$$

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

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

$$v = \sqrt{\frac{7+3\sqrt{2}}{3} \frac{kq^2}{6m}} \leftarrow \text{ответ к н.2)} \right)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



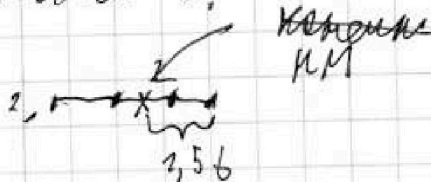
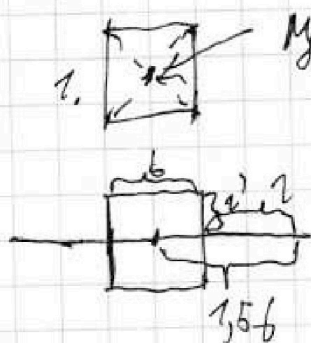
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

3) За ЦМ внешние силы не действуют  $\Rightarrow$   
он не звиняется.  $\Rightarrow$  искомое расстояние

7) начальные моменты: 2. и конечные;



ЦМ геометрии:

$$\begin{cases} r = b \\ r = \frac{b}{2} \end{cases} \Rightarrow d = b^2 + \frac{b^2}{4} = \frac{5}{4} b^2$$

$$d = \frac{\sqrt{5} b}{2} \leftarrow \text{ответ к п 3)}.$$

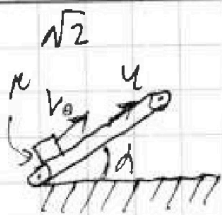
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

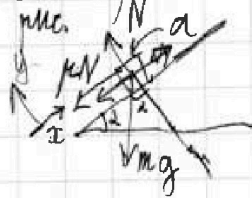
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



$\sin \alpha = 0,8$  1) Запишем II з.Н.



Пусть  $m$  — масса  
пузыря. Тогда  $g$  и  $\mu$  (мне.);

$$m a = m g \sin \alpha + F_{тр}$$

$F_{тр} = \mu N$  — сила трения,  $N$  — реакция опоры.

$$\begin{cases} m a = m g \sin \alpha + \mu N \\ N = m g \cos \alpha \Rightarrow m a = m g \sin \alpha + \mu m g \cos \alpha = m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \end{cases}$$

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

Путь  $s$ , м. к. закон движения равноускоренное, по оси  $x$ :

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

$$\frac{a t^2}{2} - v_0 t + s = 0. \text{ Дискриминант } D = v_0^2 - 4 \frac{a}{2} s = v_0^2 - 2 a s$$

$$t = \frac{v_0 t + \sqrt{v_0^2 - 2 a s}}{a} \quad (\text{со знаком } - \text{ перед } \sqrt{D} \quad t < 0)$$

$$a = g (0,8 + \mu \sqrt{1 - 0,8^2}) = g (0,8 + \frac{\sqrt{1 - 0,64}}{3}) = g (0,8 + \frac{0,6}{3}) = g$$

$$t = \frac{4 + \sqrt{16 - 20 \cdot 1}}{10} =$$

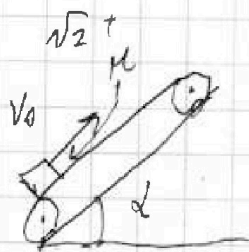
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. Поря QR-кода недопустима!



$$\sin \alpha = 0,8$$

$$1) \text{ } \perp y: N = mg \cos \alpha$$

$$m a = mg \sin \alpha + \mu N = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$$

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

$$s = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$0 = \frac{a t^2}{2} - v_0 t + s = 0$$

$$D = v_0^2 - 4 \frac{a}{2} s =$$

$$v_0^2 - 2 a s \Rightarrow$$

$$t = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2 a s}}{a}$$

2) Импульсная характеристика:

$$s = \frac{v_0^2 - 0^2}{2 a} = \frac{v_0^2}{2 g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ 58 \\ \times 8 \\ \hline 464 \\ \underline{3} \\ 176 \\ \hline 45 \end{array}$$

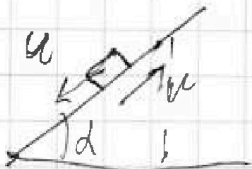
$$L = u t + \frac{v_0^2}{2 g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$0 = v_0 - a t \Rightarrow$$

$$t = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

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

3) Импульсная характеристика:



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

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

$$u = a t \Rightarrow t = \frac{u}{a}$$

$$z = u t - s \Rightarrow z = \frac{u^2}{g} - \frac{u^2}{2 a} = \frac{u^2}{2 a}$$

$$L' = L + z; H = L' \sin \alpha$$

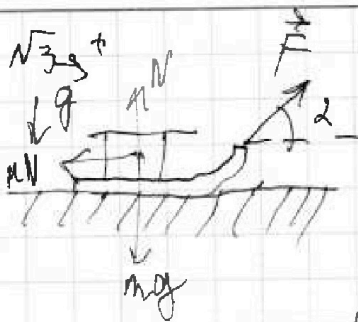
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) 2 случая

$$ma_2 = F \cos \alpha - \mu N$$

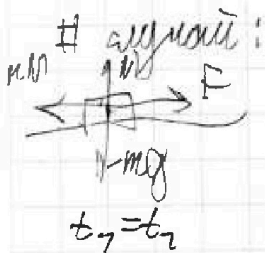
$$FQ = \Delta U + p \Delta V$$

$$N = mg - F \sin \alpha \Rightarrow ct$$

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

$$F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg$$

$$dQ = c dt$$



$$ma_2 = F - \mu mg$$

$$p \Delta V + \frac{3}{2} \nu R \Delta t = c \Delta T$$

$$t_1 = \frac{V_0}{a_1}; t_2 = \frac{V_0}{a_2} \Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow$$

$$\cos \alpha = c = p \frac{\Delta V}{\Delta T} \tan \alpha$$

$$p \frac{dV}{dT} = \cos \alpha$$

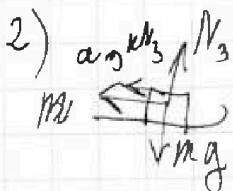
$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

$$d(pV) = \nu R dt; \int dt$$

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

$$p \Delta V + V dp = \nu R dt$$

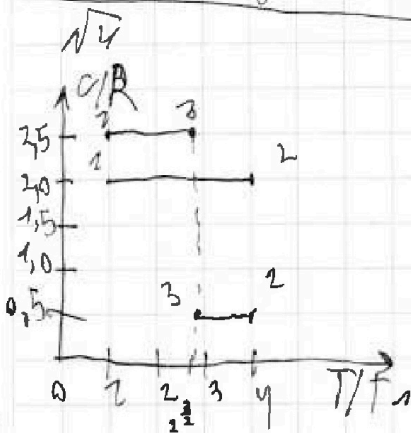
$$p \nu R \cos \alpha dt$$



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

$$0 = V_0 - a_3 t = V_0 - \mu g T \Rightarrow \mu g T = V_0 \Rightarrow$$

$$T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0}{(1 - \cos \alpha) g}$$



$$Q = c \Delta T$$

$$\frac{A_{12} + \Delta U}{c} = \Delta T$$

$$A_{12} = c \Delta T - \Delta U$$

$$A_{12} = c_{\frac{3}{2}} \left( \frac{3}{2} T_1 - T_1 \right) = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1)$$

$$837 \cdot 3 \cdot 2$$

$$\times 837 \cdot \dots$$

$$\frac{4986}{8} = 623.25$$

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!



$$2) \eta = \frac{A_r}{Q_m}$$

$$Q_{12} = C_{12} \Delta T_{12}$$

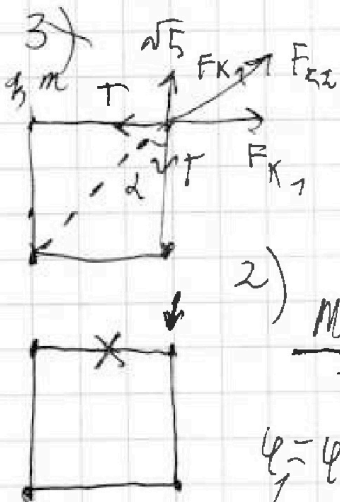
$$Q_{23} = C_{23} \Delta T_{23}$$

$$Q_{13} = C_{13} \Delta T_{13}$$

$$A_{r12} = C_{12} \Delta T_{12} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$A_{r13} = C_{13} \Delta T_{13} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{13}$$

$$A_{r23} = C_{23} \Delta T_{23} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$



$$1) 2T \cos \alpha = F_{K2} + 2F_{K1} \cos \alpha$$

$$2T \cos \alpha = k \frac{q^2}{2b^2} + 2k \frac{q^2}{b^2} \cos \alpha$$

$$2) \frac{M \nu^2}{2} = \frac{RT_1}{RT_2} = q(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = k \frac{q}{b} + k \frac{q}{b} + k \frac{q}{\sqrt{2}b}$$

$$\varphi_2 = k \frac{q}{b} + \frac{kq}{2b} + \frac{kq}{3b}$$

$$H = S \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{\cos^2 \alpha - 1}} - \frac{gS^2}{2V_0^2} = 0$$

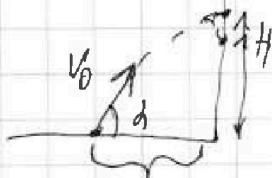
$$2) H = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$1) 0 = V_0 - gt \Rightarrow$$

$$t = \frac{V_0}{g}$$

$$V_0 = gT$$

$$t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$



$$V_0 \cos \alpha t = S$$

$$H = V_0 \sin \alpha t = \frac{gt^2}{2}$$

$$S H = \frac{S V_0 \sin \alpha t}{V_0 \cos \alpha t} = \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = S t g \alpha - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$S \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1} - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = 0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input 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!

$$H = S \sqrt{x-1} - \frac{gS^2}{2V_0^2} x$$

$$H) = S \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{x-1}} - \frac{gS^2}{2V_0^2} = 0$$

$$\frac{1}{2\sqrt{x-1}} = \frac{gS}{2V_0^2}$$

$$\sqrt{x-1} = \frac{V_0^2}{gS^2}$$

$$x-1 = \frac{V_0^4}{g^2 S^4} \Rightarrow x = \frac{g^2 T^4}{g^2 S^4} + 1 = \frac{g^2 T^4}{S^4} + 1$$

$$\frac{100 \cdot 16}{400} = \frac{16}{4} = 4$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 4 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

$$V_0 \cos \alpha$$

$$\theta = V_0 \sin \alpha - gt \Rightarrow$$

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$$