

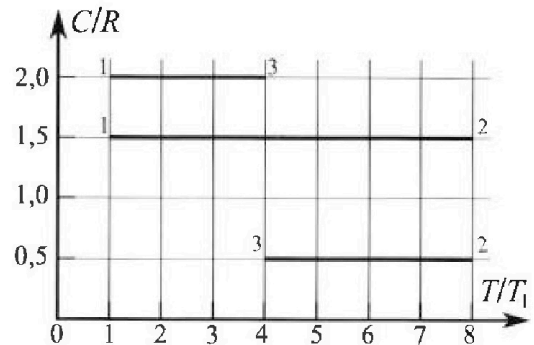
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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



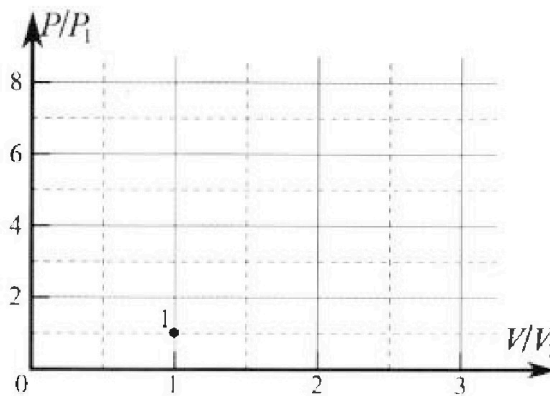
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $a$  (см. рис.). Сила натяжения каждой нити  $T$ .

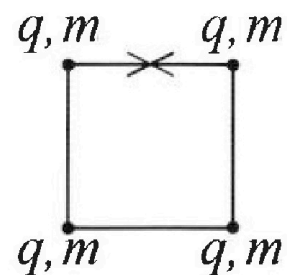
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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)?

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





# 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.

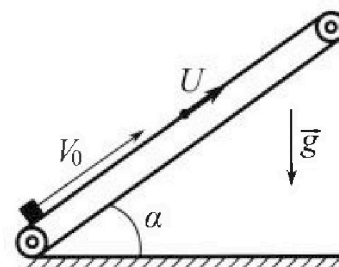
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение 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.).

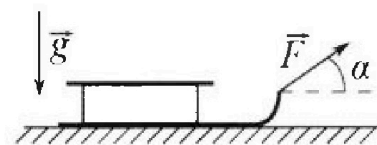
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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.

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!

#1

Scrp

Дано:  $\alpha$

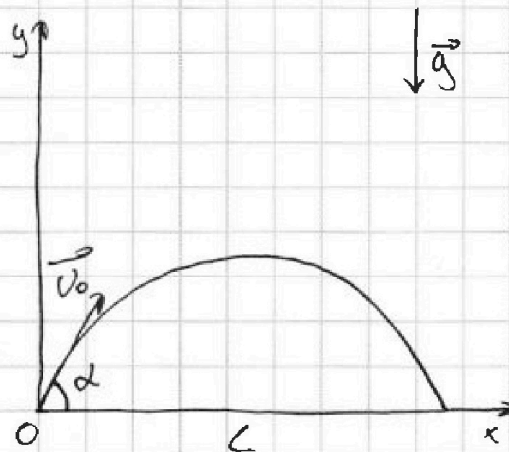
Решение:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$

$$H = 3,6 \text{ м}$$

$$V_0 = ?$$



$$O_y: y = V_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$O_x: x = V_{0x}t = V_0 \cos \alpha t = L$$

$$V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$V_0 \sin \alpha = \frac{gt}{2} \quad | \cdot 2$$

$$2V_0 \sin \alpha = gt$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

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

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

$$V_0^2 = \frac{gL}{\sin^2 \alpha}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin^2 \alpha}}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin^2 45^\circ}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$



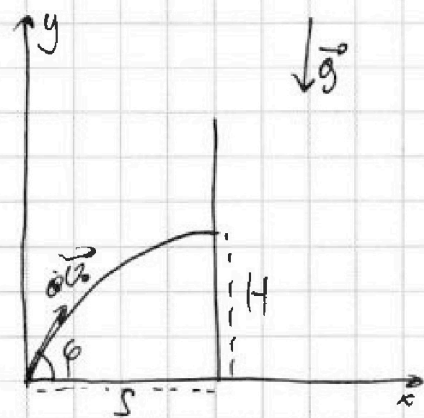
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$$\frac{mU_0^2 \sin^2 \varphi}{2} = \frac{mU^2 \sin^2 \varphi}{2} + mgh_{1/2}$$

$$U_0^2 \sin^2 \varphi = U^2 \sin^2 \varphi + 2gH$$

$$(U_0^2 - U^2) \sin^2 \varphi = 2gH$$

Иск. из усл. сказано, что высота наибольшая, т.е.  $U_x = 0$

$$H = \frac{U_{0y}^2 - U_y^2}{2g} = \frac{(U_0^2 - U^2) \sin^2 \varphi}{2g}$$

$$S = U_0 \cos \varphi t$$

Наибольшая проекция скорости будет, когда ось  $y$

$$U_y = 0$$

$$H = \frac{U_0^2 \sin^2 \varphi}{2g}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \frac{2gH}{U_0^2}}$$

$$\sin^2 \varphi = \frac{2gH}{U_0^2}$$

$$= \sqrt{\frac{U_0^2 - 2gH}{U_0^2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{U_0^2 - 2gH}{U_0^2}} \cdot U_0 t$$

$$S = \sqrt{\frac{2gH}{U_0^2}} \cdot U_0 \sqrt{\frac{U_0^2 - 2gH}{U_0^2}} = \frac{2gH}{g}$$

$$H = U_0 t \sin \varphi - \frac{gt^2}{2}$$

$$U_0 \sin \varphi = gt$$

$$U_{0y} = U_{0y} - gt \quad \text{Ответ: } U_0 \approx 14,1 \text{ м/с}$$

$$t = \frac{U_0 \sin \varphi}{g}$$

$$= \frac{\sqrt{2gH(U_0^2 - 2gH)}}{g}$$

$$S = \frac{\sqrt{2 \cdot 20^2 \cdot 3,6} \cdot (200 - 2 \cdot 10^2 \cdot 3,6)}{10} = \frac{\sqrt{72 \cdot 228}}{10} = 9 \frac{6\sqrt{2 \cdot 27}}{10} = \frac{6 \cdot 16}{10} = 9,6 \text{ м}$$





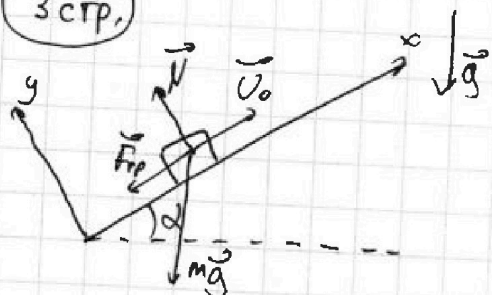
На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МОТИ

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

3 стр.



Когда коробка поднимается

$$F_{fr} + mg \sin \alpha = ma_1$$

Когда коробка спускается:

$$mg \sin \alpha - F_{fr} = ma_2$$

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

$$N = mg \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

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

$$a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$a_1 = 10 \left( 0,6 + \frac{0,4}{2} \right) = 10 \frac{m}{c^2}$$

$$v = v_0 - a_1 t_1$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_2 = 10 \left( 0,6 - \frac{0,4}{2} \right) = \frac{24}{c^2}$$

$$t_1 = \frac{6}{10 \left( 0,6 + \frac{0,4}{2} \right)} = 0,6 c < T, \text{ значит коробка не дойдет до вершины}$$

$$t_2 = T - t_1 \quad t_2 = 1 - 0,6 = 0,4 c.$$

$$x_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$S = x_1 + x_2$$

$$x_1 = v_0 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2}$$

$$S = 1,8 + 0,16 = 1,96 \text{ м.}$$

Перейдем в систему отсчета, связанную с лентой, тогда

$$v_{огн} = v_0 - u$$

$$v_{огн} = v_{огн} - a_1 T_1$$

$$v_{огн} = a_1 T_1$$

$$T_1 = \frac{6-1}{10} = 0,5 c.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

$$x_2' = v_{огн} T_c - \frac{a_2 T_c^2}{2}$$

(центр)

$$x_2' = 2,5 - \frac{10 \cdot 0,25^2}{2} = 1,25 \text{ м.}, \text{ Координата,}$$

где  $v_{огн} = u$ , затем  $v_{огн}' = u - v$   
 $v_{коробки} = u$   
 $v_{огн} = 0$

$u$  - скорость коробки

$$x_2' = \frac{u^2}{2a_2}$$

$$x_2' = \frac{1}{2 \cdot 2} = 0,25 \text{ м.}$$

$$x = x_1' + x_2' \quad \text{в системе отсчёта связанной с землёй}$$

$$x = 1,25 + 0,25 = 1,5 \text{ м.}$$

Ответ:  $s = 1,96 \text{ м}$

$$T_c = 0,5 \text{ с}$$

$$x = 1,5 \text{ м.}$$

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 черновком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

8 сгр

$$F = \frac{m(\mu g + a)}{\mu \sin \alpha + \cos \alpha} = \mu mg + ma$$

$$\frac{mU^2}{2} = K = -A_{\text{тр}}$$

$$K = \mu N S = \mu mg S$$

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

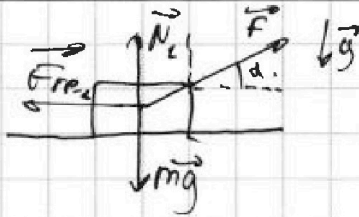
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

3.

1)



7 спп

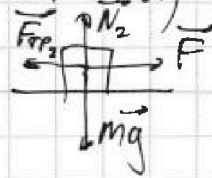
$$N_1 = mg - F \sin \alpha \quad F_{тр2} = \mu N_1$$

$$A_F = k - A_{F_{тр2}}$$

$$F \cos \alpha \cdot X = k + F_{тр2} X$$

$$F \cos \alpha \cdot X = k + \mu X (mg - F \sin \alpha)$$

2)  $N_2 = mg$



$$F_x = k + \mu X mg$$

$$\begin{cases} F_x = k + \mu mg X \\ F_x \cos \alpha = k + \mu mg X - \mu F \sin \alpha \cdot X \end{cases}$$

$$\mu mg X = F_x - k$$

$$F_x \cos \alpha = k + F_x - k - \mu F \sin \alpha \cdot X$$

$$X F (\cos \alpha - 1 + \mu \sin \alpha) = 0$$

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

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

$$F_x = k + \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot mg X$$

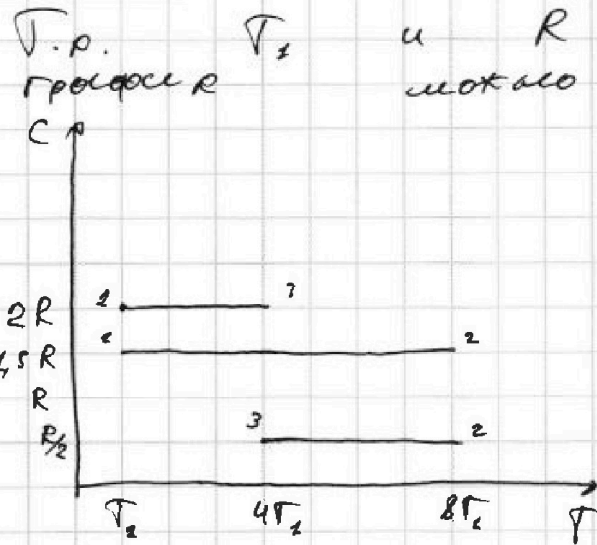
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 непустима!



и  $R = const$ , то  
можно представить:

$1 \text{ сгр.}$

Внешн  $Q_{31} = -A_{31}$  газа

$$U = \frac{3}{2} \nu R T$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$$

$$= C = \frac{Q_{31}}{\Delta T}$$

$$\times \frac{831}{3} \\ \hline 2493$$

$$C = \frac{\Delta U_{31} + A_{31}}{\Delta T} = \frac{-\frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 + A_{31}}{-\nu \cdot 3T_1} = 2R$$

$$-3 \cdot 2 \nu T_1 R = -\frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 + A_{31}$$

$$-6 \nu R T_1 R = -\frac{9}{2} \nu R T_1 - A_{\text{внешн } 31}$$

$$6 \nu R T_1 R = \frac{9}{2} \nu R T_1 + A_{\text{внешн } 31}$$

$$A_{\text{внешн } 31} = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$A_{\text{внешн } 31} = \frac{3}{2} \cdot 200 \cdot 8,31 = 2493 \text{ Дж}$$

$$J = \frac{A}{Q_H} \quad \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{31} = 0$$

$$Q_H = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 1,5 \nu R \cdot 7T_1 = 10,5 \nu R T_1$$

$$A = 1,5 \nu R \cdot 7T_1 - \frac{R}{2} \nu \cdot 4T_1 - 2R \nu \cdot 3T_1 = 2,5 \nu R T_1 =$$

$$= \frac{5}{2} \nu R T_1$$

$$J = \frac{2,5 \nu R T_1}{10,5 \nu R T_1} = \frac{25}{105} = \frac{5}{21}$$

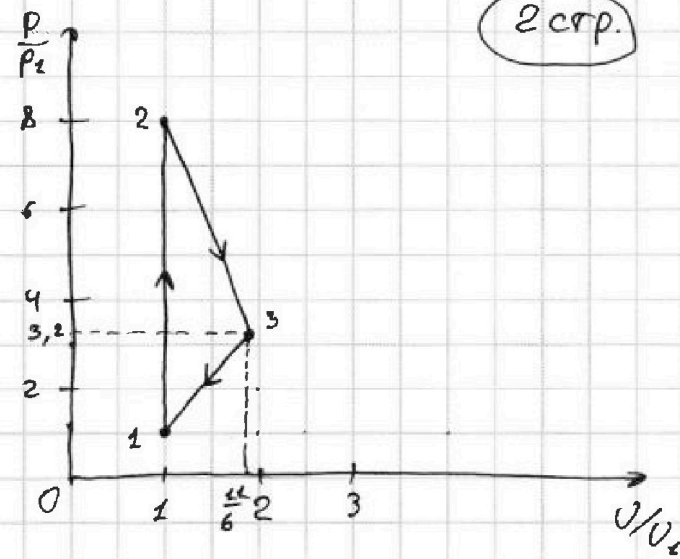
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 стр.

$$1-2: A = 10,5 \Delta RT_c - \frac{3}{2} \Delta R \cdot 7 T_c = 0$$

$\Rightarrow$  процесс изохорный

$$\begin{aligned} pV &= \Delta RT \\ p &= \Delta T \\ p_c &= \Delta T_c \\ p_2 &= \alpha \cdot 8 T_c \end{aligned}$$

2-3:

$$A = -\frac{R}{Z_c} \int_2^3 V^2 dT_c + \frac{3}{Z_c} \Delta R \cdot 4 T_c = 4 \Delta RT_c = 4 p_c V_c = pV =$$

$$p_2 V_2 = \Delta R \cdot 8 T_c$$

$$p_2 V_2 = 2 p_3 V_3$$

$$p_0 V_3 = \Delta R \cdot 4 T_c$$

$$p_c V_c = \Delta RT_{c2}$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$p_3 V_3 = 4 \Delta RT_c = 4 p_c V_c$$

$$\frac{p_3}{p_c} \cdot \frac{V_3}{V_c} = 4$$

Ответ:  $A_{внешн} = 2453 \text{ Дж}$   
 $D = \frac{5}{2L}$

3-1

$$A = -2R \cdot 30 T_c + \frac{3}{2} \cdot 30 T_c = -\frac{3}{2} \Delta RT_c = -\frac{3}{2} p_c V_c$$

$$\frac{8 p_c + p}{2} \cdot \Delta V = 4 p_c V_c$$

$$p = 3,2 p_c$$

$$\frac{p_c + p}{2} \Delta V = \frac{3}{2} p_c V_c$$

$$\frac{p}{p_c} = 3,2$$

$$\frac{V}{V_c} = \frac{11}{6}$$

$$V - V_c = \frac{V_c}{1,2} \cdot V = \frac{272 V_c}{3720,6} = \frac{11 V_c}{6}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

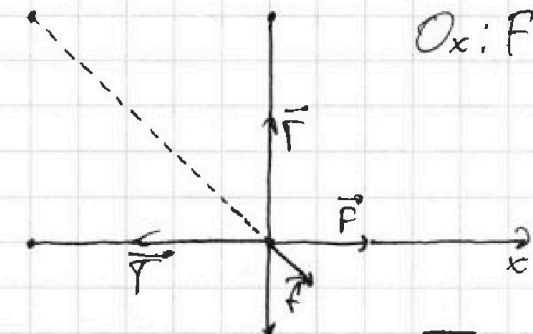
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$Ox: F + f \cos 45^\circ = \Gamma$$

$g_{стр}$

$$F = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$f = \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$\Gamma = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}a^2} = \left(2 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) \frac{kq^2}{a^2}$$

$$a^2 = \frac{\Gamma a^2}{k \left(2 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$|q| = \sqrt{\frac{\Gamma a^2}{k \left(2 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)}} = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \Gamma a^2}{\left(2 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)}}$$

$$K = \Delta E_{пор.} = \left(\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}}\right) - \frac{kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{2}\right) - kq^2 \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{2a} + \frac{1}{3a}\right)$$

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

$$= \frac{kq^2}{a} \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \Gamma \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) a$$

$$K = \Gamma a \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

П.р. положение центра масс системы могут изменить только внешние силы, то он остаётся неизменным

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

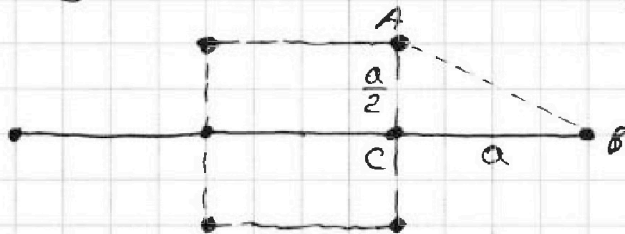
МФТИ

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

Тогда

расстояние

от начального  
положения шара  
к центру  
 $\Delta ABC$ :



$$AB = \sqrt{\frac{a^2}{4} + a^2} = \sqrt{\frac{5}{4}a^2} = \frac{a}{2}\sqrt{5} = d$$

Ответ:  $|q| = 2a \sqrt{\frac{\gamma \pi \epsilon_0}{\left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)}}$

$$K = \gamma a \left( \frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$d = \frac{\sqrt{5}}{2} a$$

10 стр



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!



$$F - F_{rp2} = ma$$

$$k = \frac{mV^2}{2}$$

$$x = \frac{V^2}{2a}$$

$$x = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$x = \frac{2m(F - F_{rp2})}{2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha} = \frac{k}{2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha} \quad V t_1 = V t_2$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + F \sin \alpha = m(u g + a)$$

$$m(u g + a) = F$$

$$F \cos \alpha + F \sin \alpha = \dots$$

$$\mu mg x + m a x = k + \mu mg x$$

$$a = \frac{V^2}{2x}$$

$$V_2 a_2 t_2 = V_1 a_1 t_1$$

$$\sin 2\alpha = 0$$

$$a_2 = a_1 \cdot a$$

M

$$V = \frac{2x}{t} \quad \mu mg x + m a x = k$$

$$F = \frac{k + \mu mg x}{x (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)} = \frac{k + \mu mg x}{x}$$

~~20k + \mu mg x~~

$$F = \frac{k}{x} + \mu mg$$

$$\frac{mV^2}{2} = k$$

$$k + \mu mg x = \frac{m \cdot 2x^2}{2} = k$$

$$20k + \mu mg x - \mu F \sin \alpha x = k \cos \alpha + \mu mg x \cos \alpha$$

$$x = \frac{V^2}{2a}$$

$$V^2 = 2ax$$

$$\frac{2P_2 + 8P_1}{2} x (\mu F \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha - \mu mg) = k (1 - \cos \alpha)$$

$$\frac{(P_2 + P_1)}{2} \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} x (F \sin \alpha + mg \cos \alpha - mg) = k (1 - \cos \alpha)$$

$$\frac{(P_2 + P_1) x}{2} \frac{F \sin \alpha + mg \cos \alpha - mg}{\sin \alpha} = \frac{k (1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha}$$

$$\left( \frac{k}{x} + \mu mg \right) x \cos \alpha = k + \mu mg x - \mu \left( \frac{k}{x} + \mu mg \right) x \sin \alpha$$

$$k \cos \alpha + \mu mg x \cos \alpha = k + \mu mg x - \mu k \sin \alpha - \mu^2 mg \sin \alpha x$$

$$x \mu mg (\cos \alpha - 1 + \mu \sin \alpha) = \mu k (\sin \alpha - \cos \alpha)$$

$$\mu k (\sin \alpha - \cos \alpha) = \mu k (\sin \alpha - \cos \alpha) + \mu^2 mg x (\sin \alpha - \cos \alpha)$$

$$F_{rp} \cos \alpha + m a \cos \alpha = \mu mg - \mu F \sin \alpha + m a$$

$$24P_2 + 3P_1 = 8P_2 + 8P_1 \quad 26P_2 = 5P_1 \quad P_2 = \frac{5}{26} P_1 = 3,2 P_1$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

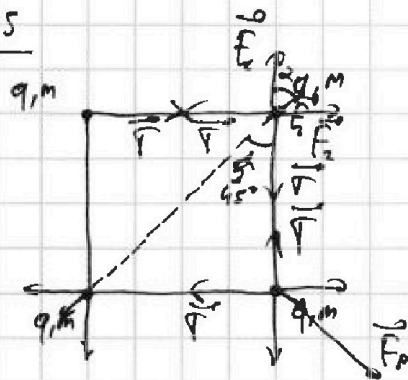
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

#5



$$1) F_2 = \frac{kq^2}{a^2} \quad F_4 = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$F_3 = \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$T = F_1 + F_3 \cos \alpha$$

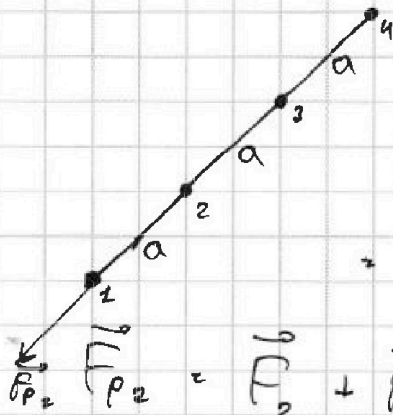
$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2 \cdot \sqrt{2}}{4a^2}$$

$$= \frac{kq^2}{a^2} \left( \frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)$$

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

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

2)



$$\Delta E = E_2 \cdot K = E_{F_{p1}} - E_{F_{p2}}$$

$$F_{p1} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

$$F_{p1} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} + F_3 + F_4 = \sqrt{2} \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2}$$

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

$$F_{p2} = \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

$$F_{p2} = F_2 + F_3 + F_4$$

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



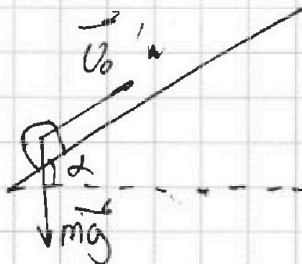
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

#2

$$\vec{V}_c = \vec{V}_0 + \vec{U}$$

$$\vec{V}_{\text{отн}} = \vec{V}_0 - \vec{U}$$

$$V_z = V_{\text{отн}} \sin \alpha - a_1$$



2) В системе отсчёта ленты:

$$V_{\text{отн}} = \frac{a_1 t_1}{\mu}$$

$$V = a_1 t_1$$

3) Рассмотрим,  
как независимые  
системы

$$V_z = \frac{V_{\text{отн}}}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$t_1 = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$$

$$t_1 = \frac{6-1}{10} = 0,5 \text{ с}$$

$$3) -U = V_{\text{отн}} + -a_1 t_1 + a_2 t_2$$

$$U = a_2 t_2$$

$$a_1 t_2 = \frac{U}{a_2}$$

$$t_2 = \frac{t}{2} = 0,5 \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 =$$

γ

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!

Дано:

CA

Решение:

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

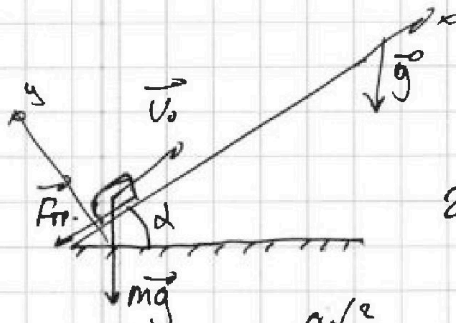
$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с.}$$

$$S = ?$$

1) Korga

$$v = 0$$



$$1) F_{fr} + mg \sin \alpha = ma_1$$

$$2) mg \sin \alpha - F_{fr} = ma_2$$

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

$$N = mg \cos \alpha$$

$$x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

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

$$a_1 = (\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha) = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$v = v_0 - a_1 t_1$$

$$v_0 = a_1 t_1$$

$$v_0 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$t_1 = \frac{6}{10(0,6 + \frac{0,5 \cdot 0,8}{2})} = 0,6 \text{ с.} < T \Rightarrow \text{поиск обратно}$$

$$x_1 = 0,6 \cdot 6 - \frac{0,18 \cdot 10}{2} = 1,8 \text{ м.}$$

$$t_2 = T - t_1$$

$$t_2 = 0,4 - 0,6 = -0,2 \text{ с.}$$

$$x_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$x_2 = \frac{2 \cdot 0,18}{2}$$

$$= 0,18 \text{ м.}$$

$$2) ma_2 = -\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_2 = 10(0,6 - \frac{0,5 \cdot 0,8}{2}) = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$= 0,18 \text{ м.}$$