

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.

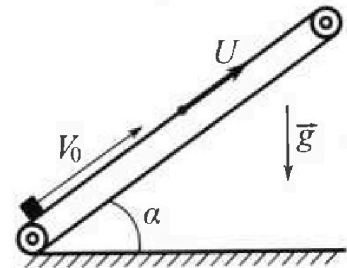
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.

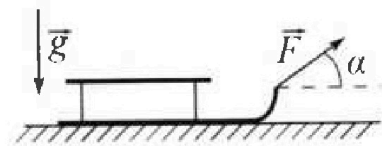
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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.





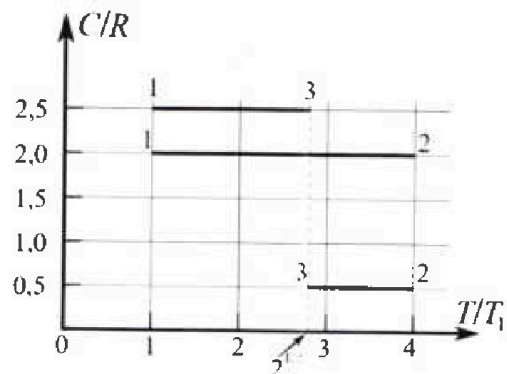
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01



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

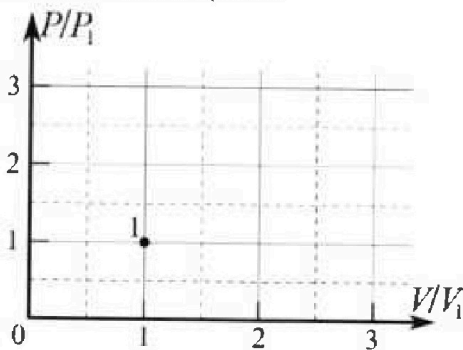
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



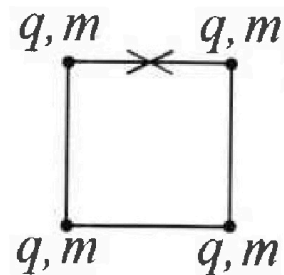
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.



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!

Дано:

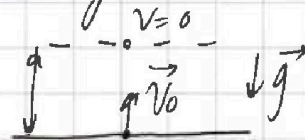
- 1)  $T = 20$   
 $v_0 = ?$   
2)  $v_0, S = 20$   
 $h_m = ?$

Решение:

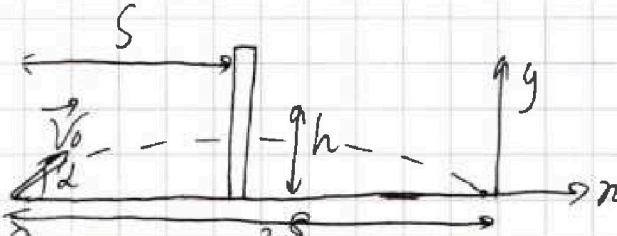
- 1) Т.к. высота максимальна  $\Rightarrow$  скорость тела в этой точке равна нулю.

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$$

$$y: v_0 = gt = 20 \text{ м/с}$$



2)



Рассмотрим высоту удара о стенку:

$h =$  угол  $\alpha$  - произвольный.

$$2g h = v_{1y}^2 - v_{0y}^2$$

$v_1$  - скорость тела в момент удара о стенку.

$$y: 2gh = v_{1y}^2 - v_{0y}^2$$

Требуется, что при любом  $\alpha$  максимальная

высота достигается, если  $v_{1y} = 0$ .

$$2gh = v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

Для того, чтобы мяч долетел до стенки, угол бросания должен быть не меньше, чем:

$$2S = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} \Rightarrow S = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\sin^2 \alpha \geq \frac{2gS}{v_0^2} = 1 \Rightarrow \alpha \geq 45^\circ$$

Итого



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!

П.к. на высоте  $h$  тело имеет нулевую скорость, следовательно эта точка является серединой пути, на которой которой проиел бы мяч в отсутствие стенки. Тогда:

$$2S = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

$$S = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{2gS}{v_0^2} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$h_m = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{400 \cdot \frac{1}{2}}{20} = 10 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $v_0 = 20 \text{ м/с}$

2)  $h_m = 10 \text{ м}$



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!

Дано:

$$\sin d = 0,8$$

1)  $V_0 = 4 \text{ м/с}$

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

$$S = 1 \text{ м}$$

$T = ?$

2)  $V_0 = 4 \text{ м/с}$

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

$$U = 2 \text{ м/с}$$

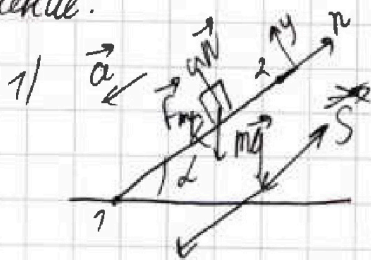
$L = ?$

3)  $V_0 = 4 \text{ м/с}$

$$U = 2 \text{ м/с}$$

$H = ?$

Решение:



$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$x: ma = F_{\text{тр}} + mg \cdot \sin d$$

$$y: N = mg \cdot \cos d$$

$$ma = \mu mg \cdot \cos d + mg \cdot \sin d$$

$$\cos d = 0,6$$

$$a = g \cdot (\mu \cdot \cos d + \sin d) = 10 \cdot \left( \frac{1}{3} \cdot \frac{6}{10} + \frac{8}{10} \right)$$

$$= 10 \text{ м/с}^2$$

Пусть скорость тела в конце пути  $S$  равна  $V_1$ .

$$2aS = V_1^2 - V_0^2$$

$$x: 2aS = V_0^2 - V_1^2$$

$$V_1^2 = V_0^2 - 2aS = 16 - 20 < 0 \Rightarrow$$

Тело дойдет до какой-то высоты  $h$ , на которой оно остановится, и поедет вниз.

Пусть  $S_1$  - путь пройденный телом вверх, а  $S_2$  - вниз.

$$2aS_1 = V_0^2 - V_1^2$$

$$S_2: V_0 = at_1 \quad t_1 = 0,4 \text{ с}$$

$$S_1 = \frac{v_0 t_1}{2} = \frac{4}{5} \Rightarrow S_2 = \frac{1}{5}$$

$$S = S_1 + S_2$$

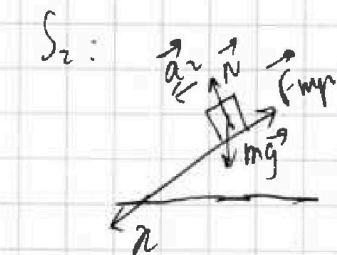
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



$$m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}$$

$$n: ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 \cdot \left( \frac{8}{10} - \frac{6}{10} \right)$$

$$a_2 = 6 \text{ м/с}^2$$

$$\vec{S}_2 = \vec{v}_0 \cdot t_2 + \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

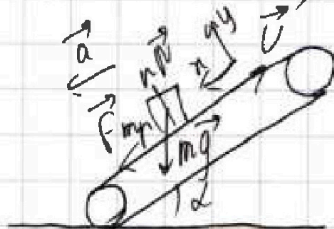
$$n: S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$t_2^2 = \frac{2S_2}{a_2} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{15}$$

$$t_2 = \frac{1}{\sqrt{30}} \approx \frac{1}{5.477} \approx 0.183 \text{ с}$$

$$t = t_1 + t_2 = 0.4 + \frac{1}{\sqrt{30}} \approx 0.4 + 0.183 \approx 0.583 \text{ с}$$

2)



$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{тр} + \vec{N}$$

$$a = 10 \text{ м/с}^2 \text{ (т.к. лента движется}$$

с постоянной скоростью  $\Rightarrow$  она  
дополнительной  
не создает силы).

Рассужд

Пусть  $\vec{v}$  - скорость коробки (произвольный момент  
времени/относительно земли).

$$\vec{v}_{отн} = \vec{v} - \vec{v} \quad \text{при } v = v \quad v_{отн} = 0.$$

Перейдем в систему отсчета ленты (она будет  
инерциальной т.к. у нее нет ускорения).

Страница 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 checked="" 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!



$$m\vec{a}^1 = \vec{F}_{\text{мп}} + m\vec{g} + \vec{N}$$

$$a: \quad a = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V_{0\text{отн}} = V_0 - U = 2 \text{ м/с}$$

$$V_{1\text{отн}} = 0 \text{ (т.к. } V = U = 2 \text{ м/с)}$$

$$2aL = V_{0\text{отн}}^2$$

$$L = \frac{4}{20} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

$$3) \quad \vec{V} = \vec{V}_{0\text{отн}} + \vec{U}$$

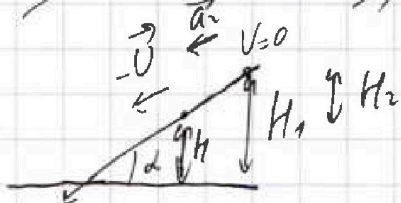
$$V = 0 \Rightarrow V_{0\text{отн}} = -U$$

Чтобы определить искомую высоту  $H$  нужно сначала найти высоту  $H_1$ , на которой тело остановится, а потом определить, на какую высоту будет тело со скоростью  $-U$  (все высоты в СО левее.)

$$y: \quad 2gH_1 = V_{0\text{отн}}^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$H_1 = \frac{4 \cdot \frac{64}{100}}{20} = \frac{256}{2000} = 0,128 \text{ м}$$

$$2a_1 \sin \alpha \cdot H_1 = V_{0\text{отн}}^2 \cdot \sin^2 \alpha$$



$$m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{мп}}$$

$$a: \quad ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$a_2 = 6 \text{ м/с}^2$$

$$n: \quad 2gH_2 = 0 \cdot V^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$H_2 = 2 \cdot 8,3 = 0,32 \cdot \frac{64}{300}$$

$$2a_2 \sin \alpha \cdot H_2 = V^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$V^2 = V_{0\text{отн}}^2 \Rightarrow \frac{H_1}{H_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

Страница 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
<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!

$H_1 < H_2 \Rightarrow$  тело будет иметь нулевую скорость, ~~то~~ после  
того, как овердет с высоты.  $\Rightarrow H = 0$

Ответ: 1)  $T = 0,66$  с

2)  $L = \frac{1}{5}$  м

3)  $H = 0$

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!

Дано:

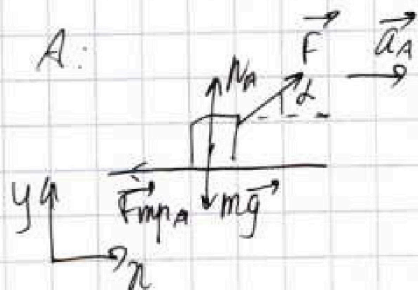
$\alpha, v_0, F$

$\mu - ?$

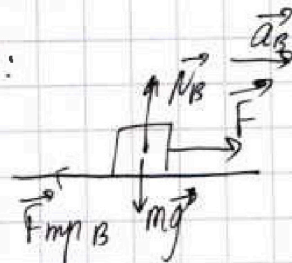
$\mu - ?$

Решение:

1) A:



B:



$$A: m\vec{a}_A = m\vec{g} + \vec{F}_{mpA} + \vec{F} + \vec{N}_A$$

$$x: ma_A = F \cdot \cos \alpha - F_{mpA}$$

$$y: N_A = mg - F \cdot \sin \alpha$$

$$ma_A = F \cdot \cos \alpha - \mu N_A$$

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

$$B: m\vec{a}_B = m\vec{g} + \vec{F}_{mpB} + \vec{F} + \vec{N}_B$$

$$x: ma_B = F - \mu N_B$$

$$y: N_B = mg$$

$$ma_B = F - \mu mg$$

$$A: v_0 = a_A \cdot t_A$$

$$t_A = t_B \text{ (по условию)} \Rightarrow$$

$$B: v_0 = a_B \cdot t_B$$

$$a_B = a_A$$

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

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

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}, \text{ при } \sin \alpha + \cos \alpha \geq 1$$

$$\sin \alpha + \cos \alpha \geq 1$$

Страница 8.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

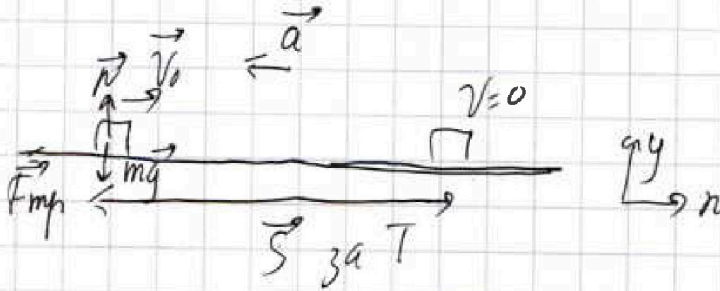
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

2)



$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{fr}}$$

$$y: N = mg$$

$$n: ma = F_{\text{fr}}$$

$$ma = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

$$v_0 \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$a: v_0 = aT$$

$$T = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha)g}$$

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ , при  $\sin \alpha + \cos \alpha \leq 1$

2)  $T = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha)g}$



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. Порча QR-кода недопустима!



$$\eta = 1 - \frac{2T_1 - \sqrt{2}T_1 + 5\sqrt{2}T_1 - 2,5T_1}{6P_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{4\sqrt{2} - \frac{1}{2}}{6} = 1 - \frac{4 \cdot 1,4 - 0,5}{6} = 1 - \frac{5,65,1}{6} = \frac{0,9}{6} = \frac{0,3}{2} = 0,15$$

$$\eta = 15\%$$

$$3) p_1 = p$$

$$V_1 = p$$

$$Q_{31} = 0U_{31} + A_{31}$$

$$-\frac{5}{2}R_0\sigma_{31} = -\frac{3}{2}R_0\sigma_{31} + A_{31}$$

$$A_{31} = -UR_0\sigma_{31} \quad \sigma_{31} = T_3 - T_1$$

$$Q_{23} = 0U_{23} + A_{23} \quad \sigma_{23} = T_2 - T_3$$

$$-\frac{1}{2}UR_0\sigma_{23} = -\frac{3}{2}UR_0\sigma_{23} + A_{23}$$

$$A_{23} = UR_0\sigma_{23}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{1}{2^{1,5}} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \quad \frac{T_2}{T_3} = \frac{4}{2^{1,5}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

$$\frac{p_3}{p_1} = 2\sqrt{2} \quad \frac{V_1}{V_3}$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = 4 \quad \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{V_2}{V_3}$$

Заметим, что  $A_{23} = -A_{31}$ . Это означает, что если мы изобразим график цикла на плоскости  $p, V$ , то точки 1 и 2 будут симметричны относительно перпендику-



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

дара, опущенного из п. 3 к прямой п.

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. Порядк QR-кода непустым!

Дано:

$V = 1 \text{ моль}$   
 $T_1 = 400 \text{ К}$   
 $C_V = \frac{3}{2} R$   
 1)  $A_{12} = ?$

2)  $\eta = ?$

3)  $(\frac{P}{T_1}, \frac{V}{T_1}) = ?$

Решение:

1)  $Q_{12} = A_{12} + Q_{12}$

Суммарная  $V \cdot \Delta T = A_{12} + C_V V \cdot \Delta T$

$C_{\text{шол}} = 2R$

$2R V \Delta T = A_{12} + \frac{3}{2} R V \Delta T$

$A_{12} = \frac{1}{2} R V \Delta T$

$\frac{T_0}{T_1} = 1$      $\frac{T_0'}{T_1} = 4$   
 $\Delta T = 3T_1$

$A_{12} = \frac{1}{2} R \cdot 3 \cdot 400 = 600 \cdot 8,31 = 4986 \text{ Дж}$

2)  $\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{отг}}|}{Q_{\text{под}}}$

$Q_{13} = Q_{\text{под}} \Rightarrow Q_{31} = Q_{\text{отг}}$

$Q_{12} = Q_{\text{под}}$

$Q_{23} = Q_{\text{отг}}$

$\eta = 1 - \frac{|Q_{23} + Q_{31}|}{Q_{12}}$

$Q_{23} = -Q_{32} = -\left(\frac{1}{2} R V (T_2 - T_3)\right) =$

$= -\frac{1}{2} R (4T_1 - 2^{1,5} T_1)$

$Q_{31} = -Q_{13} = -\left(\frac{5}{2} R V \cdot (T_3 - T_1)\right) =$

$= -\frac{5}{2} R (2^{1,5} T_1 - T_1)$

$\times \frac{1}{2} \cdot 4T_1 - \frac{1}{2} \cdot 2^{1,5} T_1 + \frac{5}{2} \cdot 2^{1,5} T_1 - \frac{5}{2} T_1$

$\eta = 1 - \frac{\dots}{6 T_1}$



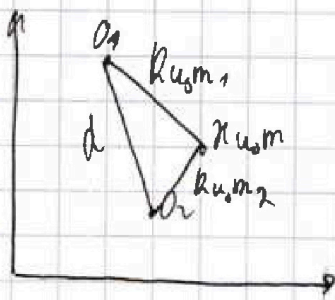
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Назовём прямую, соединяющую противоположные шарниры, АВ.

$$O_1 \perp AB$$

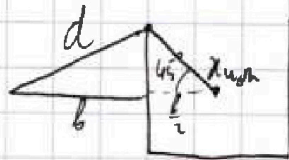
$$O_1 \in AB \Rightarrow O_1$$

$$r_{цм O_1} = \sqrt{x_{цм O_1}^2 + y_{цм O_1}^2}$$

Очевидно, что центр масс квадрата находится в его центре.

$$r_{цм O_1} = \frac{\sqrt{2}}{2} b$$

$$r_{цм O_2} = \frac{3}{2} b$$



$$d^2 = \left(\frac{3}{2}b\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{2}b\right)^2 - 2 \cos 45^\circ \cdot \frac{3}{2}b \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}b$$

$$d^2 = \frac{9}{4}b^2 + \frac{1}{2}b^2 - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{3\sqrt{2}}{2}b^2$$

$$d^2 = \frac{9}{4}b^2 + \frac{1}{2}b^2 - \frac{3}{2}b^2$$

$$d^2 = \frac{9-6+2}{4}b^2 = \frac{5}{4}b^2$$

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

Ответ: 1)  $T = \frac{(4+\sqrt{2})kq^2}{4b^2}$

2)  $v = q \cdot \sqrt{\frac{k}{6m}(\sqrt{2}+3)}$

3)  $d = \frac{\sqrt{5}}{2}b$

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!



$$\varphi_1' = \frac{kq}{b} \cdot \left( \frac{1^2}{2} + \frac{1^2}{3} + 1 \right) = \frac{kq}{b} \cdot \left( \frac{11}{6} \right) \quad \varphi_2 = \frac{kq}{b} \cdot \left( 2 + \sqrt{2} \right)$$

$$0\dot{W}_k + 0\dot{W}_{из} = 0$$

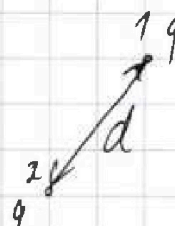
$$\frac{mV^2}{2} - 0 + (\varphi_1' - \varphi_2)q = 0$$

$$\frac{mV^2}{2} = (\varphi_1' - \varphi_2)q$$

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{kq^2}{b} \cdot \left( 2 + \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{11}{6} \right) = \frac{kq^2}{b} \cdot \left| \frac{12 + 3\sqrt{2} - 11}{6} \right|$$

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{kq^2}{b} \cdot \frac{3\sqrt{2} + 1}{6}$$

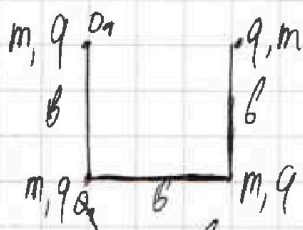
$$V^2 = \frac{kq^2}{6m} \cdot \left( \sqrt{2} + \frac{1}{3} \right)$$

3)  Для системы из четырёх зарядов не действуют внешние силы  $\Rightarrow$

положение центра масс системы

не меняется (начальные скорости всех

зарядов равны нулю  $\Rightarrow$  скорость центра масс равна нулю. Тогда центр масс не движется, т.к. нет внешних сил)



$$R_{ц.м. (ор)} = \frac{2mb + m \cdot \frac{1}{2}b}{4m} = b \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right)$$

$$\begin{array}{c} o_1 \quad b \quad b \quad b \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ m \quad m \quad m \quad m \end{array} \quad R_{ц.м. (ор)} = \frac{6m + 2 \cdot 2m + 3 \cdot 3m}{4m} = \frac{3}{2} b$$

$o_1$  и  $o_2$  - координаты положений шарика в начале и конце.

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:

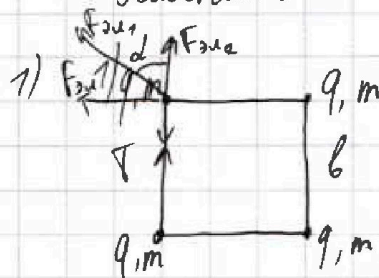
$q, m, b$

1)  $T$  - ?

2)  $V$  - ?

3)  $d$  - ?

Решение:



Сила натяжения всей нити одинакова.

$$T = F_{эл1} \cdot \cos \alpha + F_{эл2}$$

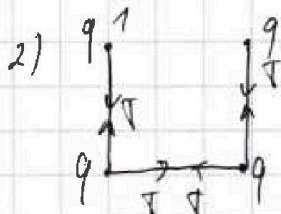
$$F_{эл1} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$F_{эл2} = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{2}$$

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

$$\frac{(4 + b) kq^2}{4b^2}$$



П.к. считая сила натяжения зависит только от электрической сил  $\Rightarrow$  она не меняется.

Рассмотрим заряд с индексом 1. Пусть  $\varphi_i$

$$\vec{W}_k = A \vec{F}_{эл}$$

начальный потенциал

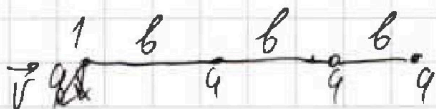
$-\varphi_1$

$$\vec{W}_{эл} + \vec{W}_k = 0$$

Конечный потенциал равен  $\varphi_1'$

$$\varphi_1 = \sum \varphi_i = 2 \cdot \frac{kq}{b} + \frac{kq}{\sqrt{2}b}$$

$$\varphi_1' = \sum \varphi_i = \frac{kq}{b} + \frac{kq}{2b} + \frac{kq}{3b}$$



страница 9.



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!



Черновик

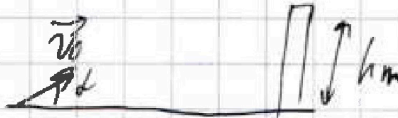
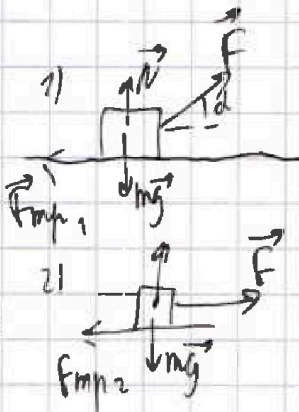
✓1

1)  $T = 20$   
 $v_0 = ?$

1)  $v = 0$   
 $v^2 = v_0^2 \cdot k - gt$   
 $v_0 \cdot k = gt = 20 \mu/c$

✓3

2)



$S = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$

$2gh_m = v_0^2 \sin^2 \alpha - v_0^2 \sin^2 \beta$

$\sin 2\alpha = \frac{g \cdot S}{v_0^2} = \frac{200}{400} = \frac{1}{2}$

$\alpha = \frac{\pi}{6}$

$2gh_m = v_0^2 \sin^2 \alpha$

$h_m = \frac{400 \cdot \frac{1}{2}}{20} = 10 \mu$

1)  $F \cos \alpha - F_{mp2}$   
 $ma = F \cos \alpha - F_{mp2}$

$h_m = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$

$ma = F - F_{mp2}$

$S = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

$F \cos \alpha = k F_{mp1} = \mu N_1$   
 $F_{mp2} = \mu N_2$

$\sin 2\alpha = \frac{2gS}{v_0^2} = 1 \Rightarrow \alpha = 45$

$N_1 = mg - F \sin \alpha$   
 $N_2 = mg$

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

$\frac{m v_0^2}{2} = A F_{mp}$

$F (\cos \alpha - 1) = \mu mg - F \sin \alpha \cdot \mu$

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

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

$ma_1 = F_{mp}$

$m \frac{v_0}{t} = \mu mg$

$v_0 = a \cdot t$   
 $t = \frac{v_0}{\mu g}$

$v_0 = \mu g t$

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!



$$6 \frac{v_2}{2} + 6 \frac{v_2^2}{2} = \frac{3v_2^2}{2} \cdot 6 \text{ Черновик.}$$

$$\begin{array}{r} \times 32 \\ 138 \\ \hline 354 \\ 943 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4015 \\ 70 \overline{) 2826} \\ \underline{280} \phantom{0} \\ 26 \phantom{0} \\ \underline{26} \phantom{0} \\ 0 \phantom{0} \end{array}$$

$$2a S_1 = v_{0\text{max}}^2$$

$$2a S_2 =$$

$$\frac{40x}{2} - 0 = -\mu mg \cdot h_1 + mgh_1$$

$$2 = -\frac{1}{3}h_1 + 10h_1$$

$$2 = \frac{29}{3}h_1$$

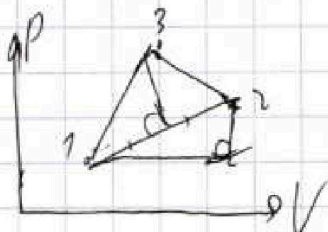
$$h_1 = \frac{6}{29}$$

$$2 \cdot a_1 \cdot \sin \alpha \cdot h_1 = v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$2a_2 \sin \alpha h_2 = v_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$\frac{a_1 h_1}{a_2 h_2} = 1$$

$$\begin{array}{r} \times 837 \\ 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$



$$0 - \frac{4m}{2} = -A_{\text{физ}} - \sigma \bar{w}_{\text{max}}$$

$$\bar{w}_{\text{max}} = 2m - \mu mg \cdot \cos \alpha \cdot l$$

$$mg \cdot h = 2m - \mu mg \cdot h$$

$$g \cdot h \cdot (1 + \mu) = 2$$

$$h = \frac{2}{10} \cdot \frac{1}{\frac{4}{5}} = \frac{1}{5} \cdot \frac{5}{4} = \frac{3}{20}$$

$$\sqrt{3} - \sqrt{2} = 1/\sqrt{2} - 1/\sqrt{3}$$

$$\sqrt{2} - \sqrt{3} = 3\sqrt{6}$$

$$\sqrt{2} - \sqrt{3} = (4 - 2\sqrt{2})\sqrt{3}$$

$$\sqrt{2} - \sqrt{3} = 3\sqrt{6} - (2\sqrt{2} \cdot \sqrt{3})$$

$$\varphi_1 - \varphi_2' = \sum E_i \cdot d_i \quad \begin{array}{l} \sqrt{2} - \sqrt{3} = 3\sqrt{6} - 4\sqrt{6} \\ \sqrt{2} - \sqrt{3} = -\sqrt{6} \end{array}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2' = d \cdot \sum E_i$$

$$E_i = \frac{kq^2}{r_i^2}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2' = \frac{kq^2 d}{1} \cdot \sum \frac{1}{r_i^2}$$

