

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.

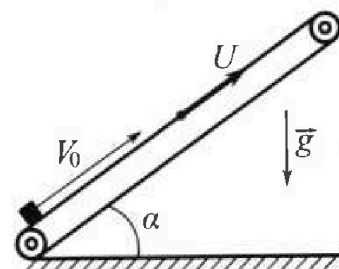
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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/с². 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 α 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/с². 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.

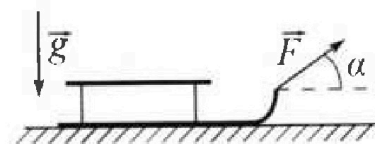
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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 μ 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.





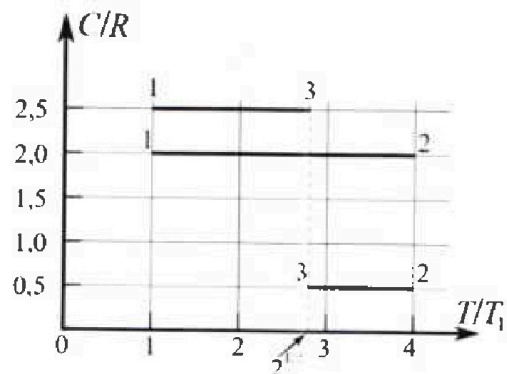
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01



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

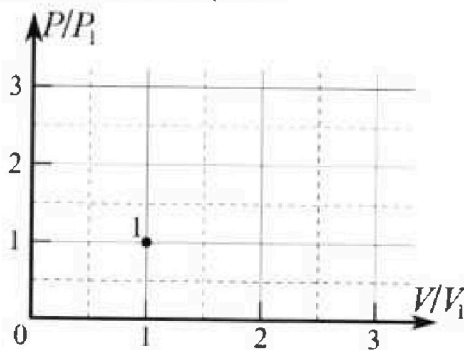
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



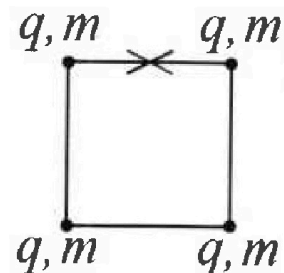
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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:

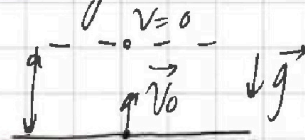
- 1) $T = 20$
 $v_0 = ?$
2) $v_0, S = 20$
 $h_m = ?$

Решение:

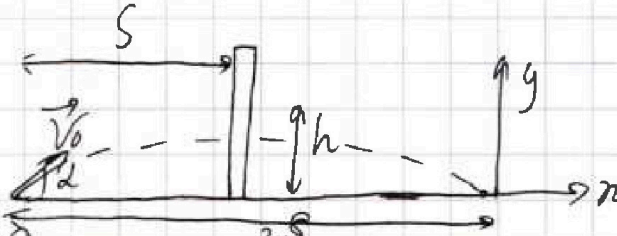
- 1) Т.к. высота максимальна \Rightarrow скорость тела в этой точке равна нулю.

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

$$y: v_0 = gt = 20 \text{ м/с}$$



2)



Рассмотрим высоту удара о стенку:

$h =$ угол α - 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 α 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 отсутствии 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) $V_0 = 4 \text{ м/с}$

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

$$U = 2 \text{ м/с}$$

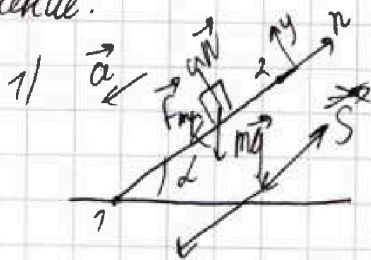
$L = ?$

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.

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

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

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

$$S = S_1 + S_2$$

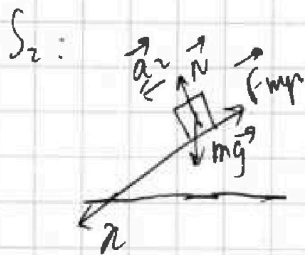
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



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

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

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

$$a_2 = 0.4 \text{ м/с}^2$$

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

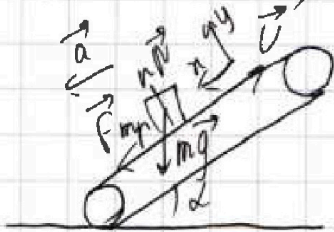
$$n: S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$t_2^2 = \frac{2S_2}{a_2} = \frac{2}{0.4} = \frac{10}{2} = \frac{1}{0.2} = \frac{1}{0.2}$$

$$t_2 = \frac{1}{0.2} = 5$$

$$t = t_1 + t_2 = 0.4 + \frac{1}{0.2} = 0.4 + 5 = 5.4 \text{ с}$$

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).

Рассуж

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

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

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



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



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

$$a: \quad a = 10 \text{ м/с}^2$$

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

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

$$2aL = V_{0\text{отн}}^2$$

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

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

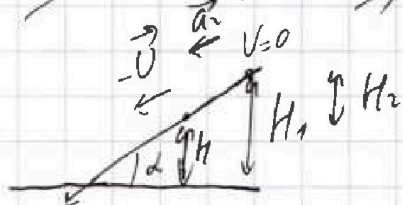
$$V = 0 \Rightarrow V_{0\text{отн}} = -U$$

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:

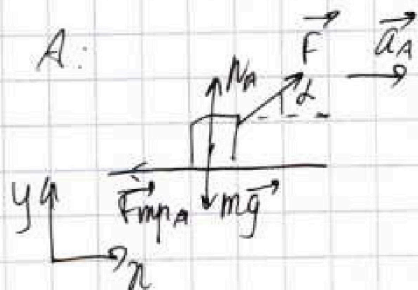
α, v_0, F

$\mu - ?$

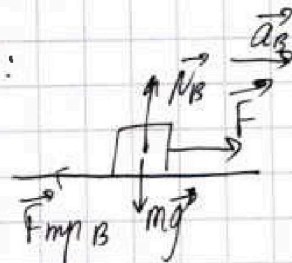
$\mu - ?$

Решение:

1) A:



B:



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

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

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

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

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

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

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

$$y: N_B = mg$$

$$ma_B = F - \mu mg$$

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

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

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

$$a_B = a_A$$

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

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

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

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

Страница 8.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

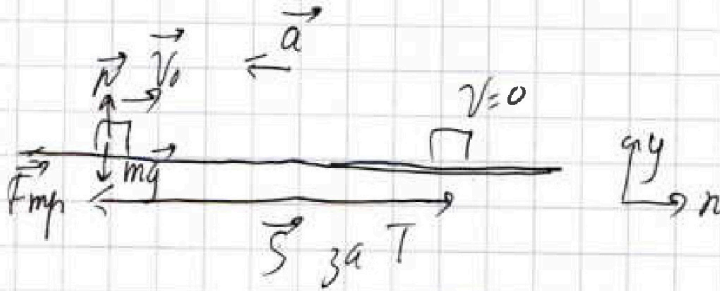
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



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

$$y: N = mg$$

$$n: ma = F_{mp}$$

$$ma = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

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

$$a: v_0 = aT$$

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

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!

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

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

$$\eta = 15\%$$

$$3) p_1 = p$$

$$V_1 = p$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{2} T_1$$

$$p_3 V_3 = \sqrt{2} T_3$$

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

$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{1}{2^{1,5}} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{4}{2^{1,5}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$A_{31} = -\sqrt{2} R_0 \sigma_{31} \quad \sigma_{31} = T_3 - P_3$$

$$Q_{23} = 0U_{23} + A_{23} \quad \sigma_{23} = T_2 - P_2$$

$$-\frac{1}{2} \sqrt{2} R_0 \sigma_{23} = -\frac{3}{2} \sqrt{2} R_0 \sigma_{23} + A_{23}$$

$$A_{23} = \sqrt{2} R_0 \sigma_{23}$$

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

$C_{\text{пол}} = 2R$

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

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

$\frac{T_0}{T_1} = 1$ $\frac{T_0'}{T_1} = 4$

$\Delta T = 3T_1$

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

2) $\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{отд}}|}{Q_{\text{пол}}}$

$Q_{13} = Q_{\text{пол}} \Rightarrow Q_{31} = Q_{\text{отд}}$

$Q_{12} = Q_{\text{пол}}$

$Q_{23} = Q_{\text{отд}}$

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

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

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

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

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

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

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

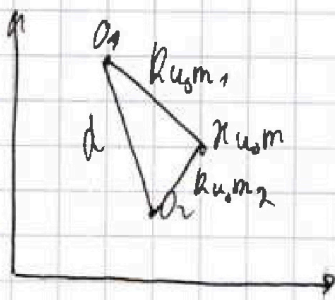
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 шарик, АВ.

$$O_1 \perp AB$$

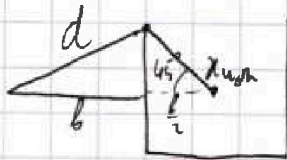
$$O_1 \in AB \Rightarrow O_1$$

$$r_{ц.м. O_1} = \sqrt{x_{ц.м. O_1}^2 + y_{ц.м. O_1}^2}$$

Очевидно, что центр масс квадрата находится в его центре.

$$r_{ц.м.1} = \frac{\sqrt{2}}{2} b$$

$$r_{ц.м.2} = \frac{3}{2} b$$



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

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

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

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

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

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!

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

$$0\dot{W}_k + 0\dot{W}_{из} = 0$$

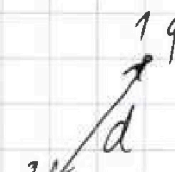
$$\frac{mV^2}{2} - 0 + (\varphi_1' - \varphi_2)q = 0$$

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

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

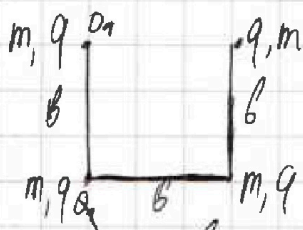
$$\frac{mV^2}{2} = \frac{kq^2}{b} \cdot \frac{3\sqrt{2} + 1}{6}$$

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

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)



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

$$R_{ц.м. (ор)} = \frac{6m + 2\sqrt{2}m + 3\sqrt{2}m}{4m} = \frac{3}{2} b$$

o_1 и o_2 - координаты положения 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:

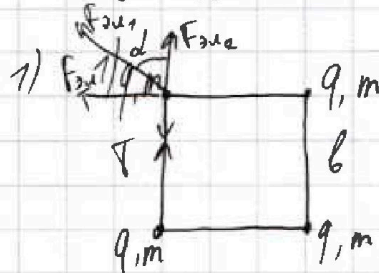
q, m, b

1) $T = ?$

2) $v = ?$

3) $d = ?$

Решение:



Сила натяжения всей нити одинакова.

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

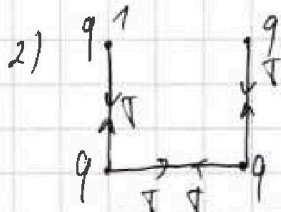
$$F_{эл1} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$F_{эл2} = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{v_2}{2}$$

$$T = \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{v_2}{2} + \frac{kq^2}{b^2} = \frac{v_2 kq^2}{4b^2} + \frac{kq^2}{b^2} =$$

$$\frac{(4 + v_2) kq^2}{4b^2}$$



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

Рассмотрим заряд с индексом 1. Пусть φ_i

$$\vec{W}_k = A \vec{F}_{эл}$$

начальный потенциал

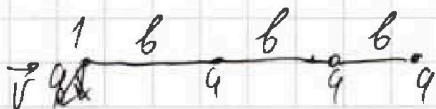
$-\varphi_1$

$$\vec{W}_{эл} + \vec{W}_k = 0$$

Конечный потенциал равен φ_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

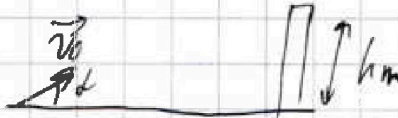
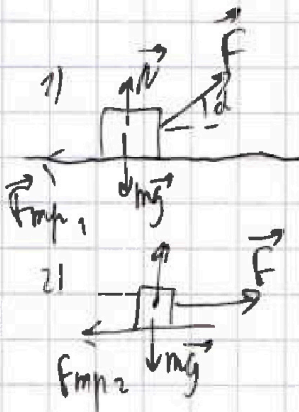
✓1

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)



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

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

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

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

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

$h_m = \frac{400 \cdot \frac{1}{4}}{20} = 10 \mu$

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

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

$ma = F - F_{mp2}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$ma_1 = F_{mp}$

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

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

$v_0 = \mu g t$

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!



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

$$\begin{array}{r} + 32 \\ + 38 \\ \hline 36 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4015 \\ - 70 \\ \hline 106 \end{array}$$

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

$$2a S_2 =$$

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

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

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

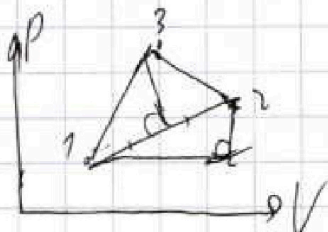
$$h_1 = \frac{6}{29}$$

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

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

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

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



$$0 - \frac{4m}{2} = -A_{F_{mp}} - \overline{\omega} W_{max}$$

$$\overline{\omega} W_{max} = 2m - \mu mg \cdot \cos \alpha \cdot l$$

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

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

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

$$V_3 - V_2 = 1/2 v_0^2 - 1/2 v_1^2$$

$$V_2 - V_1 = 3/8 v_0^2$$

$$V_2 - V_3 = (4 - 2\sqrt{2}) V_1$$

$$V_2 - V_3 = 3/8 v_0^2 - (2\sqrt{2} \times 1/8) v_0^2$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = \sum E_i d_i \quad \begin{array}{l} V_2 - V_3 = 3/8 v_0^2 - 1/4 v_0^2 \\ V_1 = 4/8 v_0^2 \end{array}$$

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

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

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

