



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.

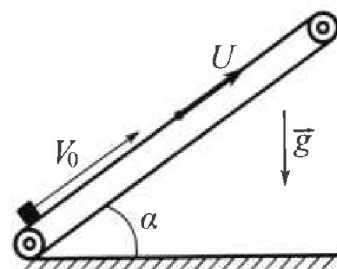
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

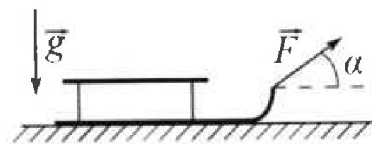
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.





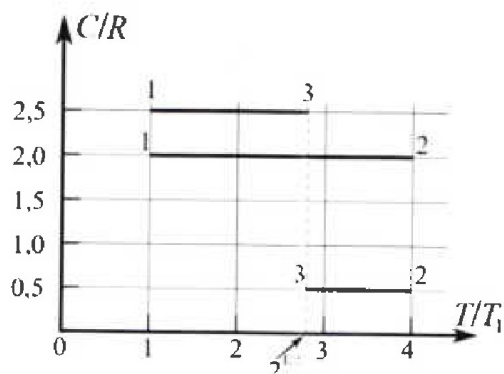
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



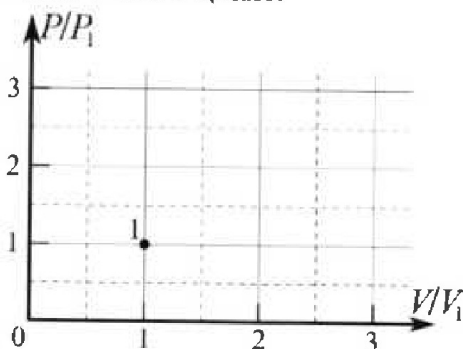
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



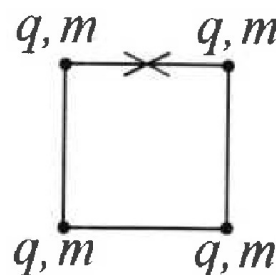
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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) $T = 2 \text{ c}$
 $v_0 = ?$

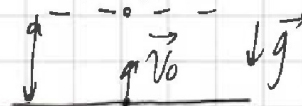
2) $v_0, S = 20 \text{ м}$
 $h_{\text{м}} = ?$

Решение:

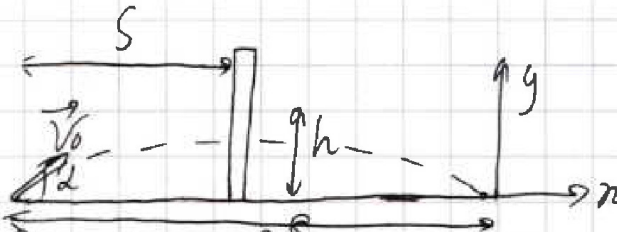
1) Т.к. высота максимальна $\Rightarrow$ скорость тела в этой точке равна нулю.

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

у: $v_0 = gt = 20 \text{ м/с}$



2)



Рассмотрим высоту удара о стенку:
Угол α - произвольный.

$$2gt = v_{xy}^2 - v_{0y}^2$$

v_x - скорость тела в момент удара о стенку.

у: $2gh = v_{xy}^2 - v_{0y}^2$

Требуется, чтобы при любом α максимальная высота достигалась, если $v_{xy} = 0$.

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

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

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

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

~~$$\sin 2\alpha \geq \frac{2gS}{v_0^2} = 1$$~~

~~$$\Rightarrow 2\alpha \geq 90^\circ$$~~

Итого

Страница 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!

П.к. на высоте h тело имеет нулевую скорость, следовательно эта точка является серединой пути, на которой которой пролетел 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:

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

$$1) V_0 = 4 \text{ м/с}$$

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

$$S = 1 \text{ м}$$

$$T = ?$$

$$2) V_0 = 4 \text{ м/с}$$

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

$$U = 2 \text{ м/с}$$

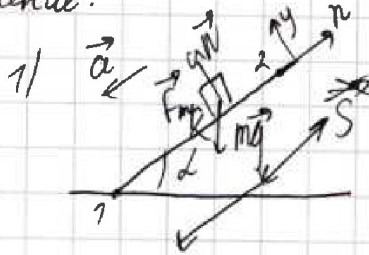
$$L = ?$$

$$3) V_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$U = 2 \text{ м/с}$$

$$H = ?$$

Решение:



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

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

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

$$\mu a = \mu mg \cdot \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$\cos \alpha = 0,6$$

$$a = g \cdot (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right)$$

$$= 10 \text{ м/с}^2$$

Пусть скорость тела в конце пути S ^{равна} V_1 .

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

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

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

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

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

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

$$S_1: V_0 = at_1 \quad t_1 = 0,4 \text{ с}$$

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

$$S = S_1 + S_2$$

Страница 3.

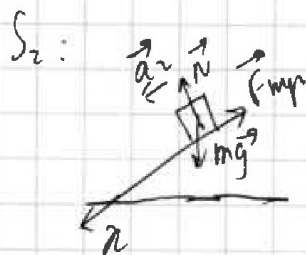
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



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

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

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

$$a_z = 0.4 \text{ м/с}^2$$

$$\vec{S}_z = \vec{v}_0 t_z + \frac{a_z t_z^2}{2}$$

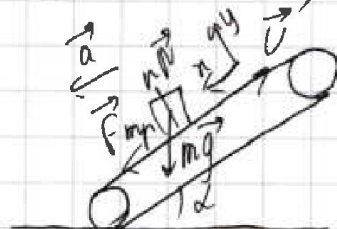
$$n: S_z = \frac{a_z t_z^2}{2}$$

$$t_z^2 = \frac{2S_z}{a_z} = \frac{2}{0.4} = \frac{10}{15} = \frac{1}{1.5}$$

$$t_z = \frac{1}{1.5} = \frac{2}{3}$$

$$t = t_1 + t_2 = 0.4 + \frac{2}{3} = \frac{4}{10} + \frac{4}{15} = \frac{4 \times 3 + 4 \times 2}{30} = \frac{20}{30} = \frac{2}{3} \approx 0.66 \text{ с}$$

2)



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

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

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

Рассужд

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

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

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

Страница 4.



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!

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

$$x: m a = 10 \text{ м/с}^2$$

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

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

$$2aL = V_{0\text{отн}}^2$$

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

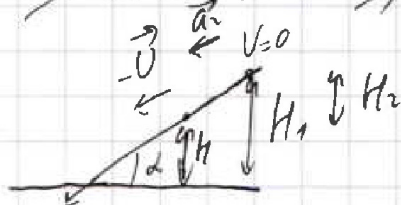
$$3) \vec{V} = \vec{V}_{0\text{отн}} + \vec{U}$$

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

Чтобы определить искомую высоту H нужно сначала найти высоту H_1 , на которой тело остановится, а потом определить, на какой высоте будет тело со скоростью $-U$ (все высоты в 10 м/с).

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

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



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

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$x: ma_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$a_1 = 6 \text{ м/с}^2$$

$$2a_1 \sin \alpha \cdot H_2 = V^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

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

$$y: 2gH_2 = V^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$H_2 = \frac{4 \cdot \frac{64}{100}}{20} = 0,128 \text{ м}$$

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!

$H_1 < H_2 \Rightarrow$ 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:

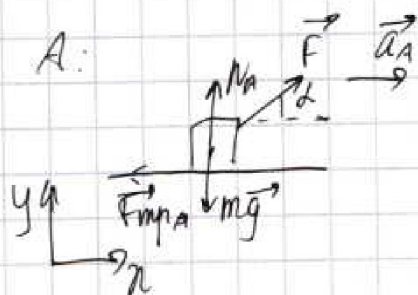
L, v_0, F

$\mu - ?$

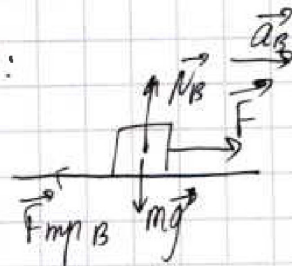
$\mu - ?$

Решение:

1) A:



B:



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

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

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

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

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

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

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

$$y: N_B = mg$$

$$ma_B = F - \mu mg$$

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

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

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

$$a_B = a_A$$

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

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

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

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

Страница 8.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

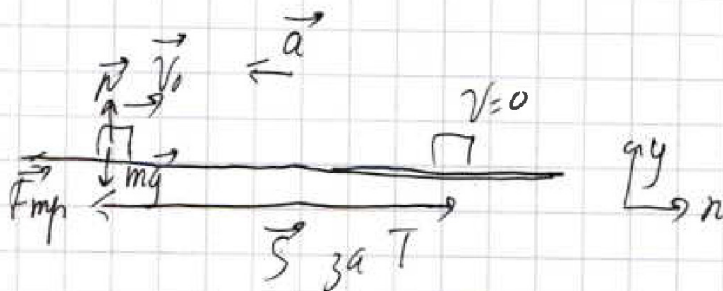
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

2)



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

$$y: N = mg$$

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

$$ma = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

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

$$v_0 = aT$$

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

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!



$$\eta = 1 - \frac{2T_1 - v_2 T_1 + 5v_2 T_1 - 2.5T_1}{6T_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{4v_2 - \frac{1}{2}}{6} = 1 - \frac{4 \cdot 1,4 - 0,5}{6} = 1 - \frac{5,65,1}{6} = \frac{0,9}{6} =$$

$$\frac{0,3}{2} = 0,15$$

$$\eta = 15\%$$

$$3) p_1 = p$$

$$V_1 = p$$

$$p_1 V_1 = v_2 T_1$$

$$p_3 V_3 = v_2 T_3$$

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

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{1}{2^{1,5}} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{4}{2^{1,5}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

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

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

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

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

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{4} \cdot \frac{V_1}{V_3}$$

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

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

$$A_{31} = -v_2 R_0 T_{31} \quad 0 T_{31} = T_3 - T_1$$

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

$$-\frac{1}{2} v_2 R_0 T_{23} = -\frac{3}{2} v_2 R_0 T_{23} + A_{23}$$

$$A_{23} = v_2 R_0 T_{13}$$

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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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.



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 недопустим!

Дано:

$$V = 1 \text{ моль}$$

$$T_1 = 400 \text{ К}$$

$$C_V = \frac{3}{2} R$$

$$1) A_{12} = ?$$

$$2) \eta = ?$$

$$3) (P, V) = ?$$

Решение:

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

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

$$C_{\text{смеш}} = 2R$$

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

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

$$\frac{T_0^*}{T_1} = 1 \quad \frac{V_0'}{V_1} = 4$$

$$\Delta T = 3T_1$$

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

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

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

$$Q_{12} = Q_{\text{пол}}$$

$$Q_{23} = Q_{\text{отг}} \quad |Q_{23} + Q_{31}|$$

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

$$Q_{13} = -Q_{32} = -\left(\frac{1}{2} R V (T_2 - T_3)\right) =$$

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

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

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

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

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

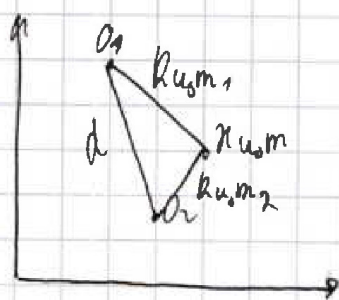
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МОТИ

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



Назовём прямую, соединяющую цент-
ральные шары, АВ.

$$O_1 \perp AB$$

$$O_1 \in AB$$

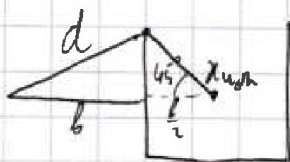
$$\Rightarrow O_1$$

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

Очевидно, что центр масс квадрата находится в его
центре.

$$R_{цм1} = \frac{\sqrt{2}}{2} b$$

$$R_{цм2} = \frac{3}{2} b$$



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

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

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

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

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

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

2) $v = q \cdot \sqrt{\frac{k}{6m} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{3}\right)}$

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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

$$\varphi_1' = \frac{kq}{b} \cdot \left(\frac{1^2}{2} + \frac{1^2}{3} + \frac{1^2}{4} \right) = \frac{kq}{b} \cdot \left(\frac{11}{6} \right) \quad \varphi_1 = \frac{kq}{b} \cdot \left(2 + \sqrt{2} \right)$$

$$0\tilde{W}_K + 0\tilde{W}_{\text{эл}} = 0$$

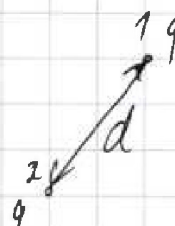
$$\frac{mV^2}{2} - 0 + (\varphi_1' - \varphi_1)/q = 0$$

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

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{kq^2}{b} \cdot \left(\frac{1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} - \frac{11}{6} \right) = \frac{kq^2}{b} \cdot \left(\frac{2 + 3v_2 - 11}{6} \right)$$

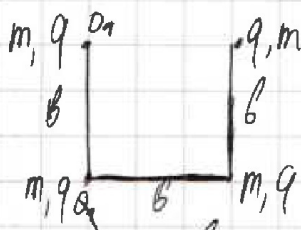
$$\frac{mV^2}{2} = \frac{kq^2}{b} \cdot \frac{3v_2 - 9}{6}$$

$$V^2 = \frac{kq^2}{bm} \cdot \left(v_2 + \frac{1}{3} \right)$$

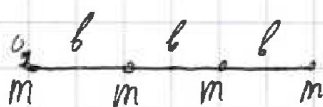
3)  Для системы из четырёх зарядов не действуют внешние силы $\Rightarrow$

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)



$$R_{\text{ц.м.}} = \frac{2mb + mv_2b}{4m} = b \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{v_2}{4} \right)$$



$$R_{\text{ц.м.}}(o_1) = \frac{bm + 2bm + 3bm}{4m} = \frac{3}{2}b$$

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

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:

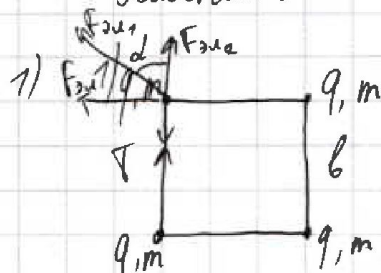
q, m, b

1) T - ?

2) V - ?

3) d - ?

Решение:



Сила натяжения всех
нитей одинакова.

$$T = F_{21} \cdot \cos \alpha + F_{24}$$

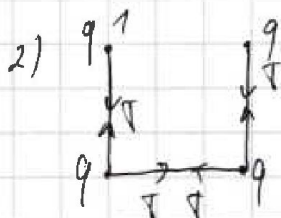
$$F_{21} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$F_{24} = \frac{kq^2}{b^2}$$

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

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

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



П.к. ~~счит~~ сила натяжения
зависит только от электр-
ической сил $\Rightarrow$ она не меняется.

Рассмотрим заряд с индексом 1. Пусть φ_1

$$W_k = A F_{21}$$

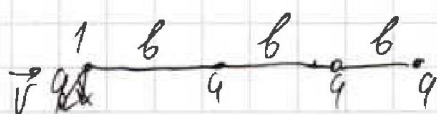
начальный потенциал

$-\varphi_1$

$$W_{21} + W_k = 0$$

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

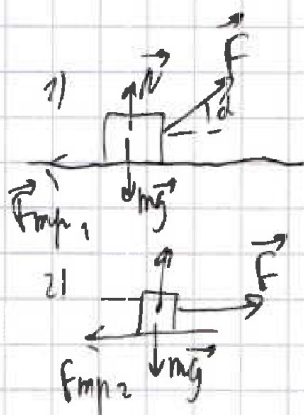
1) $T = 20$
 $v_0 = ?$

1) $v = 0$
 $\vec{v}$

$v^2 = v_0^2 - gt$
 $v_0 \cdot t = gt = 20 \text{ м/с}$

✓ 3.

2)



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

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

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

$2 = \frac{\pi}{12}$

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

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

1) $F \cos \alpha - F_{mp1}$
 $ma = F \cos \alpha - F_{mp1}$

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

$ma = F - F_{mp2}$

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

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

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

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

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

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

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

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

$\frac{mv_0^2}{2} = A F_{mp}$

$ma_1 = F_{mp}$

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

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

$v_0 = \mu g t$

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!



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

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

$$2a S_2 =$$

$$\frac{4\mu}{2} - 0 = -\mu mg \cdot h_1 + mgh_1$$

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

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

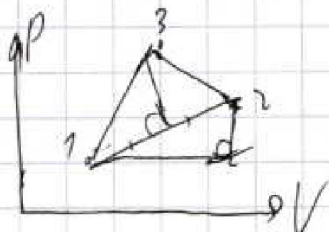
$$h_1 = \frac{6}{29}$$

$$2 \cdot a_1 \cdot \sin^2 \alpha_1 = v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$2a_2 \sin^2 \alpha_2 = v_0^2 \sin^2 \alpha$$

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

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$



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

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

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

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

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

$$V_3 - V_1 = 12V_1 - 1/19$$

$$V_2 - V_1 = 3V_1$$

$$V_2 - V_3 = (4 - 12V_1)V_1$$

$$V_2 - V_3 = 3V_1 - (12V_1^2 + 1/19)$$

$$\varphi_1 - \varphi_1' = \sum E_i \cdot d_i \quad \begin{array}{l} V_2 - V_3 = 3V_1 - 1/19 \\ V_1 = 4V_1 \end{array}$$

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

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

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

