



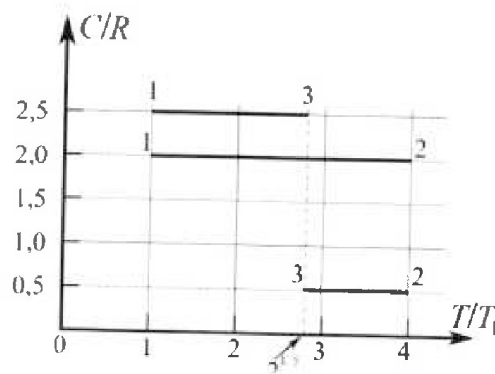
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



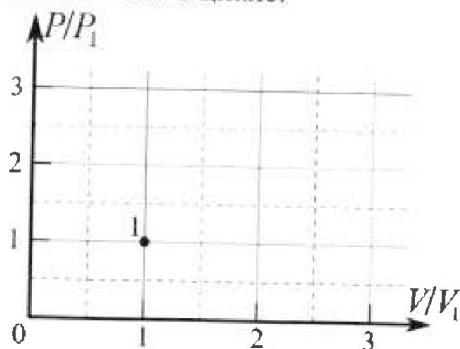
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



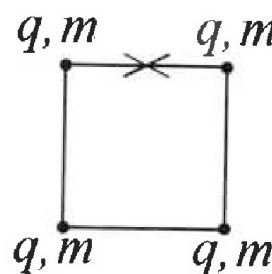
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.



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.

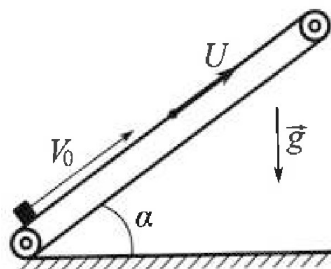
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

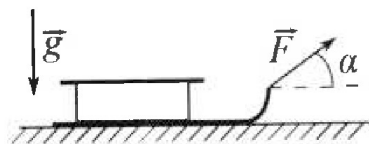
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.



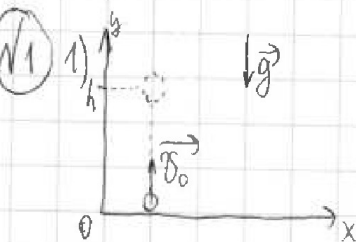
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 - ~~максимальная~~ максимальная высота, на которую поднимается мяч

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2}$$

$$h = 0 + v_0 T - \frac{gT^2}{2}$$

Запишем закон сохр-я энергии: ($E = \text{const}$)

$$E_{k,1} = E_{n,2}$$

$$E_{k,1} = \frac{mv_0^2}{2}$$

(где $E_{k,1}$ - кинетическая энергия мяча в момент броска;
 m - масса мяча)

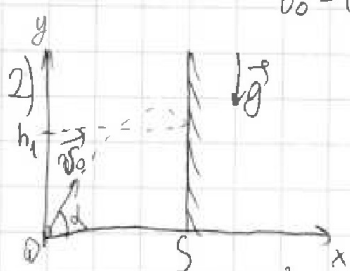
$$E_{n,2} = mgh$$

(где $E_{n,2}$ - потенциальная энергия мяча в момент нахождения его на максимальной высоте)

Т.е.:

$$\begin{cases} h = v_0 T - \frac{gT^2}{2} \\ mgh = \frac{mv_0^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{v_0^2}{2g} = v_0 T - \frac{gT^2}{2} \Rightarrow v_0^2 - 2gTv_0 + g^2T^2 = 0 \Rightarrow (v_0 - gT)^2 = 0 \Rightarrow v_0 = gT;$$

$$v_0 = 10 \frac{4}{2} \cdot 20 = 10 \left(\frac{4}{2} \right)$$



Пусть α - угол к горизонту, под которым бросают мяч;
 h_1 - высота, на которой мяч ударится о стенку;
 t - время от броска до удара о стенку

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$\begin{cases} S = 0 + v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \\ y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{cases} \Rightarrow h_1 = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \cdot S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \Rightarrow$$

$$h_1 = 0 + v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\Rightarrow h_1 = S \cdot \tan \alpha - \frac{g \cdot S^2}{v_0^2 \cdot 2} \cdot (\tan^2 \alpha + 1);$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

ЛМФИ

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

$$h_1 = 20 \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) \Leftrightarrow h_1 = -5 \operatorname{tg}^2 \alpha + 20 \operatorname{tg} \alpha - 5 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow h_1 = -5 (\operatorname{tg}^2 \alpha - 4 \operatorname{tg} \alpha + 1) \Leftrightarrow h_1 = -5 (\operatorname{tg} \alpha - 2)^2 + 15$$

$$\text{То есть } h_1 \leq -5 \cdot 0 + 15 = 15 \text{ м} \left(\begin{array}{l} \text{Т.к. если } \operatorname{tg} \alpha = 2, \text{ то } h_1 = 15 \text{ м; а если } \operatorname{tg} \alpha \neq 2, \\ \text{то } -5 (\operatorname{tg} \alpha - 2)^2 < \\ < -5 \cdot 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow -5 (\operatorname{tg} \alpha - 2)^2 + 15 < 15 \text{ м} \end{array} \right)$$

Значит, максимальная высота, на которой может удариться мяч о стенку равна 15 м

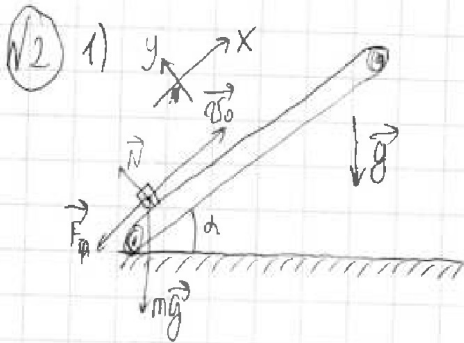
Ответ: 1) $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) 15 м

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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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



Пусть m — масса коробки; N — сила реакции опоры во время первого опыта; $F_{тр}$ — сила трения во время первого опыта

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$S = 0 + v_0 T - \frac{a T^2}{2} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{т.к. на тело вдоль оси } OX \\ \text{действуют только сила тяжести} \\ \text{и сила трения противоположно} \\ \text{направлению движения,} \\ \text{то движение будет равнозамедл.} \\ \text{Пусть } a \text{ — модуль ускорения} \\ \text{вдоль оси } OX \end{array} \right.$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{по 2-му закону Ньютона})$$

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

$$Ox: -F_{тр} - mg \sin \alpha = -ma$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$F_{тр} = \mu N$$

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

$$\text{Тогда: } S = v_0 T - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2}{2};$$

$$\sin \alpha = 0,8 \quad \left| \begin{array}{l} 0 < \alpha < \frac{\pi}{2} \end{array} \right. \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6$$

$$\sin \alpha = 0,8 \quad \left| \begin{array}{l} 0 < \alpha < \frac{\pi}{2} \end{array} \right. \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6$$

$$\text{т.е. } 1 = 4 \frac{m}{c} \cdot T_0 - \frac{10 \frac{m}{c} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right) \cdot T^2}{2} \Rightarrow 1 = 4T - 5T^2$$

$$\Rightarrow 5T^2 - 4T + 1 = 0$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

Выясним, через какое время скорость коробки станет равна нулю.

$$0 = v_0 - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t \Leftrightarrow t = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{4 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c} \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right)} = 0,4(c)$$

Выясним, какой путь пройдёт тело до этого момента:

$$L'' = 0 + v_0 t - \frac{a t^2}{2} \Rightarrow L'' = v_0 t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t^2}{2} \Rightarrow L'' = 1,6 \text{ м} - 5 \cdot 0,16 \text{ м} = 0,8(c) < S$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

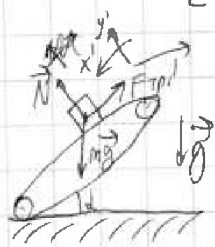
МФТИ

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

То есть, коробка пройдёт путь 0,8 м до того, как остановиться, а затем ещё 0,2 м, двигаясь в противоположную сторону.

Посчитаем время τ , за которое коробка пройдёт 0,2 м, двигаясь вниз по ленте.

$$L' = 0 + 0 + \frac{a'' \tau^2}{2} \quad (L' = 0,2 \text{ м}; a'' - \text{ускорение, которое коробка имеет, двигаясь вниз})$$



$$\sum P = ma''$$

$$Oy': N = mg$$

$$Ox': mg \sin \alpha - F_{tr} = ma''$$

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

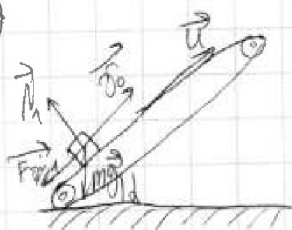
$$\left. \begin{aligned} &Oy': N = mg \\ &Ox': mg \sin \alpha - F_{tr} = ma'' \\ &F_{tr} = \mu N \end{aligned} \right\} \rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg = ma'' \Rightarrow a'' = g \sin \alpha - \mu g$$

$$\text{т.е. } L' = \frac{g(\sin \alpha - \mu) \tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2L'}{g(\sin \alpha - \mu)}}$$

$$T = t + \tau = 0,4 \text{ с} + \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (\frac{1}{3} - \frac{1}{3})}} = 0,4 \text{ с} + \sqrt{\frac{0,4}{\frac{11}{3}}} \text{ с} = (0,4 + \sqrt{\frac{0,6}{7}}) \text{ с}$$

$$\text{Ответ: } (0,4 + \sqrt{\frac{0,6}{7}}) \text{ с}$$

3) 1)



Если выбрать систему отсчёта относительно ленты транспортера, то мы получим все те же условия, что и в первом пункте задачи.

То есть начальная скорость коробки относительно ленты транспортера будет равна 0 через $t = 0,4 \text{ с}$;
относительно В ЛСО же, скорость коробки в этот момент будет равна скорости ленты транспортера (т.е. $u = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$)

$$L''' = (v_0 + u)t - \frac{a''' t^2}{2} \Rightarrow L''' = (v_0 + u)t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t^2}{2}$$

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

(т.к. ускорение μ в данном случае не зависит от начальной скорости)

$$L''' = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,4 \text{ с} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8) \cdot 0,4^2 \text{ с}^2}{2} =$$

$$= 1,6 \text{ м}; \quad \text{При этом } H = L''' \cdot \sin \alpha = 1,6 \text{ м} \cdot 0,8 = 1,28 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } 1,28 \text{ м}$$



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!

2) ~~2~~ $U = v_0 - at''' \quad \text{при } t''' = \frac{4-2}{10} = 0,2(c)$
 $a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

$$L = (v_0 + u) \cdot t''' - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t'''^2}{2} \Rightarrow L = 6 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,2 \cdot 0,2}{2} = 1(m)$$

Ответ: 2) 1м

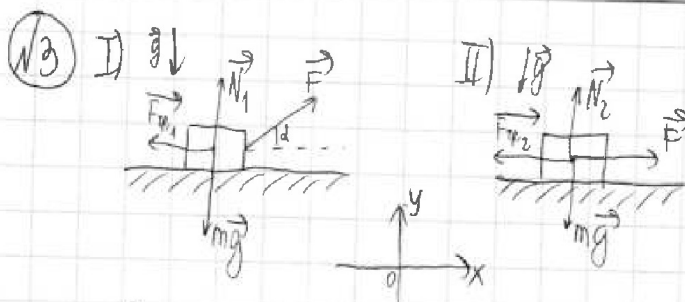
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Пусть m - масса санок; F - сила, с которой тащут санки; N_1 - сила реакции опоры в первом случае; N_2 - сила реакции опоры во втором случае; $F_{тр1}$ - сила трения в первом случае; $F_{тр2}$ - сила трения во втором случае

I: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ (по 2-3-му Ньютона)

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр1} = m\vec{a}$$

Ox: $F \cos \alpha - F_{тр1} = ma_1$ (где a_1 - ускорение в первом случае)

Oy: $N_1 - mg + F \sin \alpha = 0$

$$F_{тр1} = \mu N_1$$

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

II: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ (по 2-3-му Ньютона)

$$\vec{F} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{тр2} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Ox: $F - F_{тр2} = ma_2$ (где a_2 - ускорение во втором случае)

Oy: $N_2 - mg = 0$

$$F_{тр2} = \mu N_2$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

I: $v_0 = 0 + a_1 t_1$ (где t_1 - время разгона с 0 до v_0 в I случае)

II: $v_0 = 0 + a_2 t_2$ (где t_2 - время разгона с 0 до v_0 во II случае)

$t_1 = t_2$ (по условию)

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

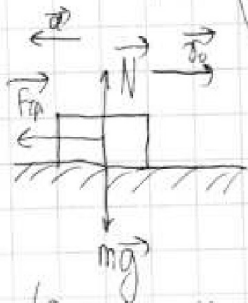
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$2) v_x = v_{0x} + a_x t$$

$0 = v_0 - a' T$ (где a' - модуль ускорения тела, после того как сила F перестает действовать)



(Пусть N - сила реакции опоры после того, как F перестает действовать; $F_{тр}$ - сила трения после того, как F перестает действовать)

(По 2-му закону Ньютона) $\sum \vec{P} = m\vec{a}$

$$\left. \begin{array}{l} OY: N - mg = 0 \\ OX: -F_{тр} = -ma' \end{array} \right\} \Rightarrow a' = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$$

$$F_{тр} = \mu N$$

Т.е. $v_0 = a' T \Leftrightarrow T = \frac{v_0}{a'} = \frac{v_0}{\mu g}$ (с) $\Rightarrow T = \frac{v_0}{\left(\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}\right)g} = \frac{v_0 \sin\alpha}{(1-\cos\alpha)g}$ (с)

Ответ: 1) $\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$; 2) $\frac{v_0 \sin\alpha}{(1-\cos\alpha)g}$ (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!

√4) $T_2 = 4T_1 = 4 \cdot 400\text{K} = 1600\text{K}$ (температура газа в состоянии 2)
 $T_3 = 2^{1/5} T_1 = 2^{1/5} \cdot 400\text{K} = 1600^{1/5}\text{K}$ (температура газа в состоянии 3)

$$Q_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1) \left\{ \begin{array}{l} Q_{12} - \text{кол-во теплоты, сообщ. газу в процессе 1-2;} \\ C_{12} - \text{моларная теплоёмкость газа в процессе 1-2;} \\ \nu - \text{кол-во газа} \end{array} \right\}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \quad (\Delta U_{12} - \text{изменение внутр. энергии газа в процессе 1-2})$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) \quad (i=3 - \text{кол-во степеней свободы})$$

$$\Rightarrow A_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1) - 1,5 \nu R (T_2 - T_1) = (C_{12} - 1,5R) \nu (T_2 - T_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{12} = (2R - 1,5R) \nu (T_2 - T_1) = 0,5R \nu (T_2 - T_1);$$

$$A_{12} = 0,5 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot (1600\text{K} - 400\text{K}) = (831 \cdot 6) \text{ Дж} = 4986 (\text{Дж})$$

Ответ: 1) 4986 Дж

2) $\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}}$ (A_{12} - работа газа за цикл; Q_{12} - кол-во теплоты, сообщ. газу за цикл)

$$A_{12} = A_{12} + A_{23} + A_{31} \quad (A_{23} - \text{работа газа в процессе 2-3}; A_{31} - \text{работа газа в процессе 3-1})$$

$T_2 > T_1 \Rightarrow$ в процессе 1-2 газу сообщают теплоту

$T_2 > T_3 \Rightarrow$ в процессе 2-3 газ выделяет теплоту Q_{23} (т.е. $Q_{23} < 0$)

$T_3 > T_1 \Rightarrow$ в процессе 3-1 газ выделяет теплоту Q_{31} (т.е. $Q_{31} < 0$)

Значит, $Q_{12} = Q_{12}$

Пусть C_{23}, C_{31} - моларные теплоёмкости газа в процессах 2-3 и 3-1 соответственно
($\Delta U_{23}, \Delta U_{31}$ - изменения внутренней энергии газа в процессах 2-3 и 3-1 соответственно)

$$Q_{23} = C_{23} \nu (T_3 - T_2)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$Q_{31} = C_{31} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$$

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

$$\text{Т.е. } \eta = \frac{A_{12} + C_{23} \nu R (T_3 - T_2) - 1,5 \nu R (T_3 - T_2) + C_{31} \nu R (T_1 - T_3) - 1,5 \nu R (T_1 - T_3)}{C_{12} \nu R (T_2 - T_1)} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{A_{12} + 0,5 \nu R (T_3 - T_2) - 1,5 \nu R (T_3 - T_2) + 2,5 \nu R (T_1 - T_3) - 1,5 \nu R (T_1 - T_2)}{2 \nu R (T_2 - T_1)} \cdot 100\%;$$

$$\eta = \frac{4986 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} - 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot (1600 \sqrt{2} \text{ К} - 1600 \text{ К}) + 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot (400 \text{ К} - 1600 \sqrt{2} \text{ К})}{2 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot (1600 \text{ К} - 400 \text{ К})}$$

$$\cdot 100\% = \frac{4986 - 831 \cdot 16(\sqrt{2} - 1) + 831 \cdot 4(1 - 4\sqrt{2})}{2 \cdot 831 \cdot 12} \cdot 100\% = \frac{831 \cdot 6 + 831 \cdot 20 - 831 \cdot 32\sqrt{2}}{2 \cdot 831 \cdot 12}$$

$$\cdot 100\% \quad \boxed{40\%}$$

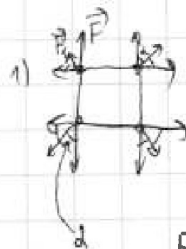
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Т.к. шарик симметричен, отн-но центра противоположного или квадрата, то все соседние шарик отталкиваются с силами $F = \frac{kq \cdot 1 \cdot 1q}{b^2} = \frac{kq^2}{b^2}$;

А все противоположные шарик отталкиваются с силой $F_1 = \frac{kq^2}{(b\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2b^2} = \frac{F}{2}$

Т.е. $T = 2(F + F_1 \cos \alpha)$, где $\alpha = 45^\circ \Rightarrow$

$$\Rightarrow T = 2\left(\frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2 \sqrt{2}}{2b^2 \cdot 2}\right) = \frac{2kq^2(4 + \sqrt{2})}{4b^2} = \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{2b^2} \quad (H)$$

Ответ: $\frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{2b^2} \quad (H)$

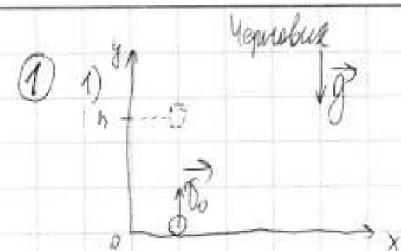
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2}$$

$$h = 0 + v_{0y}T - \frac{gT^2}{2}$$

$$E_k = E_n \text{ (закон сохранения энергии)}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\Rightarrow \frac{v_0^2}{2g} = v_{0y}T - \frac{gT^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0^2 - 2gTv_{0y} + g^2T^2 = 0 \Rightarrow (v_0 - gT)^2 = 0 \Rightarrow v_0 = gT;$$

$$D = g^2T^2 - g^2T^2 = 0$$

$$v_0 = 10 \frac{m}{c} \cdot 20 \left(\frac{m}{c} \right)$$

2)

$$F - \mu mg = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} - \mu g$$

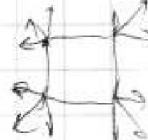
$$v_0 = at$$

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

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

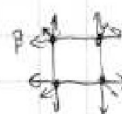
$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 4986 \\ 831 \\ \hline 13296 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 831 \\ 20 \\ \hline 16620 \\ 4986 \\ \hline 21606 \end{array}$$

$$F_{\text{гравит}} = \frac{kq^2}{b^2}, \quad F = \frac{kq^2}{2b^2}$$



$$T = 113F = \frac{3kq^2}{b^2}$$

$$\begin{array}{r} 4986 \cdot 831 \\ 4986 \cdot 6 \end{array}$$



$$2) v_0 = aT \Rightarrow T = \frac{v_0}{a}$$

$$a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$T_1 = 400K$$

$$T_2 = 600K$$

$$T_3 = 2^{15} \cdot 400K$$

$$2 - 2\alpha T$$

$$Q =$$

$$C_{1-2} = \frac{4}{2} R$$

$$C_{1-2} = 4(C_{2-3} = 2R)$$

$$C_{1-3} = 5(C_{2-3} = \frac{5}{2} R)$$

$$P = \text{const}, Q = \frac{3}{2} R \Delta T \Rightarrow C = \frac{3}{2} R$$

$$P = \text{const}, Q = \frac{5}{2} R \Rightarrow C = \frac{5}{2} R$$

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

$$1) Q = 2R \Delta T_1 + 3T_1 \Rightarrow A_{12} = 1,5 R T_1 = 600 \cdot 0,31 = 4986 (200J)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T_1$$

$$2) \eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = 1,5 R T_1 + (-\frac{1}{2} R \Delta T_1) + \frac{3}{2} R (400K)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

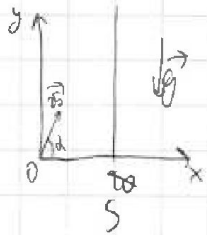
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Черновик



$$S = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow h = v_0 \sqrt{t^2 - \frac{S^2}{v_0^2}} - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{4^3}{5} - \frac{1^{15}}{3} = \frac{2}{15}$$

$$S = v_0 \cos \alpha \cdot t \Rightarrow \frac{S}{v_0} = t \cos \alpha \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

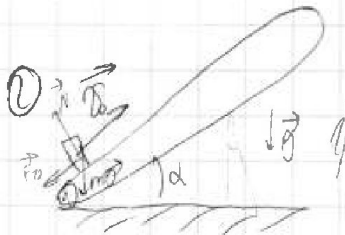
$$h = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \Rightarrow h = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\Rightarrow h = 20 \tan \alpha - 5 \tan^2 \alpha - 5$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha + 1$$

$$h_{\max} = -5 \left(\tan^2 \alpha + 2 \tan \alpha - 5 \right) = 15 \text{ м}$$

$$F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = mg \sin \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}} = 0$$



$$S_x = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$S_y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$mg \cos \alpha = N$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu mg \cos \alpha = ma \Rightarrow a = \mu g \cos \alpha$$

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

$$2 = 4 - 10t^2$$

$$t^2 - 4t + 1$$

$$t = 0,2$$

$$L = 6 \cdot 0,2 - 5 \cdot 0,04 = 1 \text{ м}$$

$$\Rightarrow S = v_0 t - \frac{\mu g \cos \alpha \cdot t^2}{2}$$

$$1 = 4t - \frac{1 + 10 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot t^2}{2} \Rightarrow 1 = 4t - 2t^2$$

$$v_0 = g(\cos \alpha + \sin \alpha) t \Rightarrow t = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

$$S = 1,6 - 10 \cdot \frac{10 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{2} = 1,6 - 0,8 = 0,8$$

$$0) 2t^2 - 4t + 1 = 0 \Rightarrow \begin{cases} t = \frac{2 + \sqrt{2}}{2} \\ t = \frac{2 - \sqrt{2}}{2} \end{cases}$$

$$v = v_0 - at$$

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



II)



$$F_{\text{осл}} \sin \alpha + N = mg$$

$$F_{\text{осл}} = F_{\text{тр}} + mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$\Rightarrow F_{\text{осл}} = \mu (mg - F_{\text{осл}} \sin \alpha)$$

$$F_{\text{осл}} - \mu mg + \mu F_{\text{осл}} \sin \alpha = ma$$

$$F_{\text{осл}} - F_{\text{тр}} = ma$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$\Rightarrow a = \frac{F_{\text{осл}} - \mu mg + \mu F_{\text{осл}} \sin \alpha}{m}$$

$$v_0 = at$$