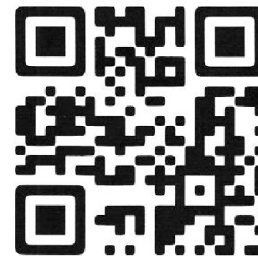




Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

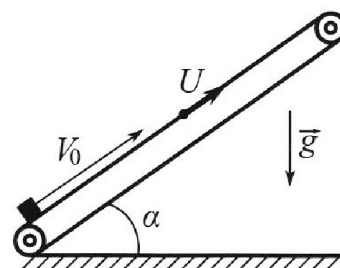
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение с вободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

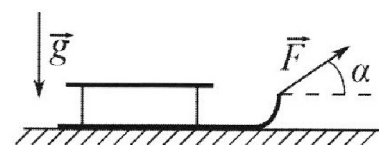
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



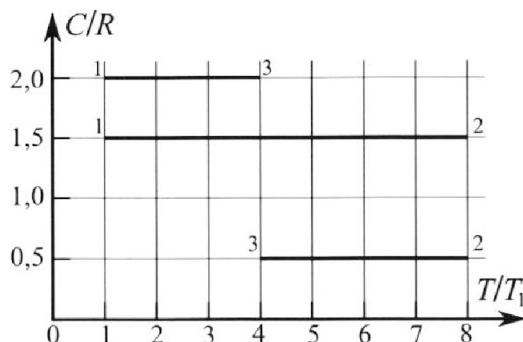
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



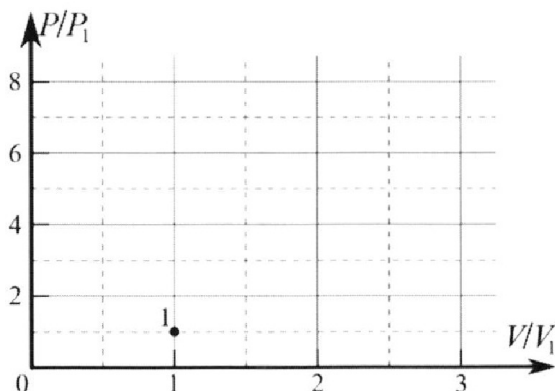
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ K, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·K).



1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

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 a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

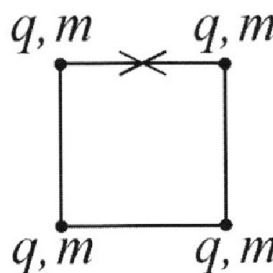
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . 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!

Задача 1.

1)

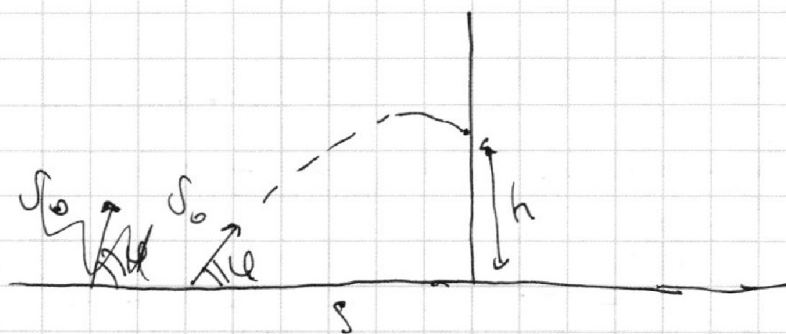


$$\begin{cases} L = v_0 T_1 \cos \alpha, & T_1 - \text{время полёта мяча в первом эксперименте.} \\ -v_0 \sin \alpha = v_0 \sin \alpha - g T_1 \end{cases}$$

$$T_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{10 \cdot 20} = 5\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2)



$$h = v_0 T_2 \sin \varphi - \frac{g T_2^2}{2}, \quad T_2 - \text{время} \dots \text{во 2-ом эксперименте}$$

$$s = v_0 T_2 \cos \varphi \Rightarrow T_2 = \frac{s}{v_0 \cos \varphi}$$

$$h(\varphi) = s \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} - \frac{g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \varphi}$$

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!

$$h'(\varphi) = S \frac{\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi}{\cos^2 \varphi} - \frac{gS^2}{2V_0^2} \frac{0 - 2\cos \varphi \cdot (-\sin \varphi)}{\cos^4 \varphi} =$$

$$= S \frac{1}{\cos^2 \varphi} - \frac{gS^2}{2V_0^2} \frac{2\sin \varphi \cos \varphi}{\cos^4 \varphi}$$

$$h = H \Rightarrow h'(\varphi) = 0$$

$$\frac{S}{\cos^2 \varphi^*} - \frac{gS^2}{2V_0^2} \frac{2\sin \varphi^* \cos \varphi^*}{\cos^4 \varphi^*} = 0 \quad | : \frac{S}{\cos^2 \varphi^*}$$

$$1 - \frac{gS}{2V_0^2} \frac{2\sin \varphi^* \cos \varphi^*}{\cos^2 \varphi^*} = 0$$

$$2V_0^2 \cos^2 \varphi^* = 2gS \sin \varphi^* \cos \varphi^* \quad | : 2\cos \varphi^*$$

$$V_0^2 \cos \varphi^* = gS \sin \varphi^*$$

$$V_0^2 \sqrt{1 - \sin^2 \varphi^*} = gS \sin \varphi^*$$

$$V_0^4 (1 - \sin^2 \varphi^*) = g^2 S^2 \sin^2 \varphi^*$$

$$V_0^4 = (g^2 S^2 + V_0^4) \sin^2 \varphi^*$$

$$\sin \varphi^* = \frac{V_0^2}{\sqrt{g^2 S^2 + V_0^4}} \Rightarrow \cos \varphi^* = \sqrt{1 - \frac{V_0^4}{g^2 S^2 + V_0^4}} = \frac{gS}{\sqrt{g^2 S^2 + V_0^4}}$$

$$H = S \frac{\sin \varphi^*}{\cos \varphi^*} - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \varphi^*} = S \frac{V_0^2}{gS} - \frac{gS^2 (g^2 S^2 + V_0^4)}{2V_0^2 g^2 S^2}$$

$$H = \frac{V_0^2}{g} - \frac{g^2 S^2 + V_0^4}{2V_0^2 g} \Rightarrow \frac{g^2 S^2 + V_0^4}{2V_0^2 g} = \frac{V_0^2}{g} - H \Rightarrow g^2 S^2 + V_0^4 = 2V_0^2 - 2V_0^2 gH$$

$$g^2 S^2 = V_0^4 - 2V_0^2 gH \Rightarrow S = \frac{\sqrt{V_0^4 - 2V_0^2 gH}}{g} = \frac{V_0^2 \sqrt{V_0^2 - 2gH}}{g} = \frac{10\sqrt{2} \cdot \sqrt{100 - 21}}{10}$$

$$= \sqrt{256} = 16 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } 1) V_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}; 2) S = 16 \text{ м}$$

1 атт. 2

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

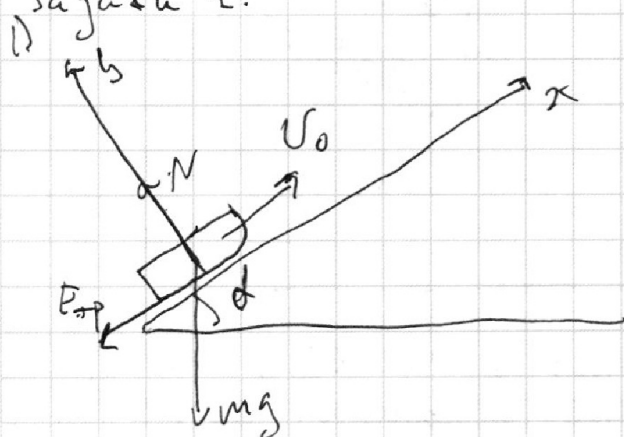
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Задача 2.



$$\text{IIЗН (ось } y): 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$\text{IIЗН (ось } x): \text{max} = -F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha$$

$$\text{max} = -(\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha)$$

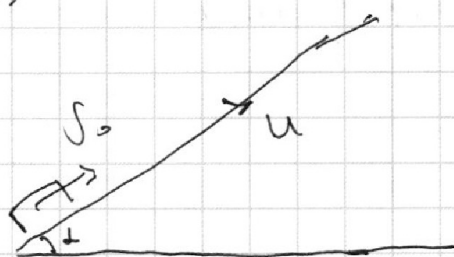
$$a_x = -g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$s = v_0 T + \frac{a_x T^2}{2}$$

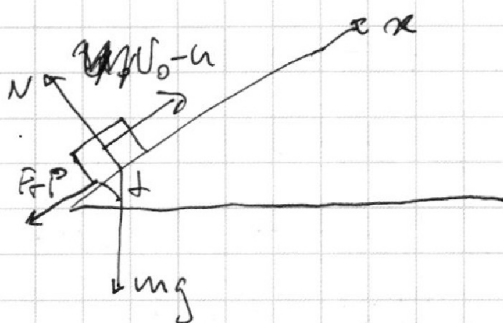
$$s = v_0 T + \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2}{2} \Rightarrow 6 = 10T - \frac{10 \cdot (0.4 + 0.6) T^2}{2}$$

$$= 6 - 5 = 1 \text{ м}$$

2)



В С.О. ленты:



$$a_x = -g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

Когда коробка остановится в С.О. ленты это будет означать, что в лаб. С.О. у коробки скорость 0.

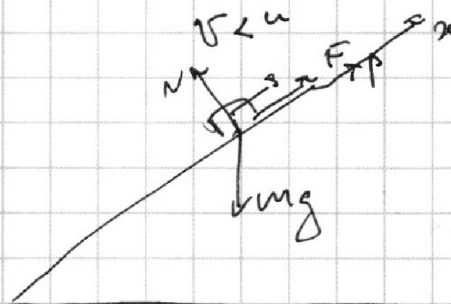
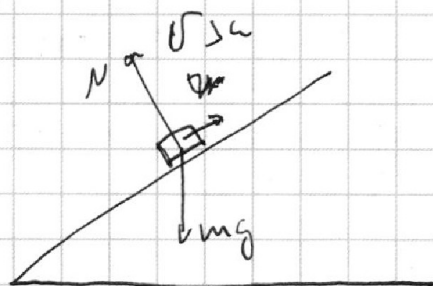
$$0 = v_0 + a_x T, \text{ т.е. } T_1 = -\frac{v_0}{a_x} = \frac{v_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{6}{10 \cdot 1} = 0.6 \text{ с}$$

стр. 3

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!

3)



Когда скорость коробки станет меньше скорости ленты, лента начнет "помогать" коробке двигаться Вверх, т.е. сила трения будет направлена с осью x . Таким образом, можно разбить движение коробки на два участка: 1) $v > u$; 2) $v < u$, v - скорость коробки.

1) $a_{1x} = -g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$, a_{1x} - ускорение коробки на 1-ом участке

2) $ma_{2x} = F_{тр} - mg \sin \alpha$

$ma_{2x} = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$

$a_{2x} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$, a_{2x} - ... на 2-ом участке.

$L_1 = v_0 \tau_1 + \frac{a_{1x}}{2} \tau_1^2 = \tau_1 (v_0 - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{2} \tau_1)$

$L_1 = 0,5 (6 - 5 \cdot 0,5) = 0,5 \cdot 3,5 = 1,75 \text{ м}$

$L_2 = u \tau_2 + \frac{a_{2x}}{2} \tau_2^2 = u \tau_2 (u - \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{2} \tau_2)$

$\tau_2 = \frac{u}{a_{2x}} = \frac{1}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{1}{10(0,6 - 0,4)} = \frac{1}{2} \text{ с}$

$L_2 = \tau_2 (u - \frac{u}{2}) = \frac{1}{2} u \tau_2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} = 0,25 \text{ м}$

$L = L_1 + L_2 = 2 \text{ м}$

Ответ: 1) $S = 1 \text{ м}$; 2) $\tau_1 = 0,5 \text{ с}$; 3) $L = 2 \text{ м}$

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!

Задача 3.
1)

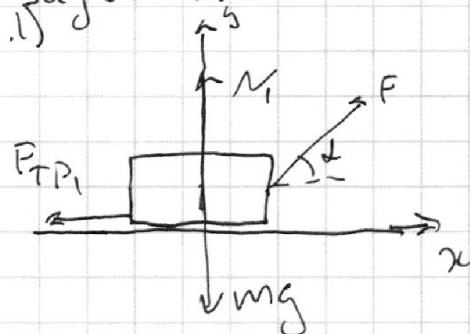


Рис. 1

$$\text{IIЗН (ось } y): 0 = N_1 + F \sin \alpha - mg \Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha$$

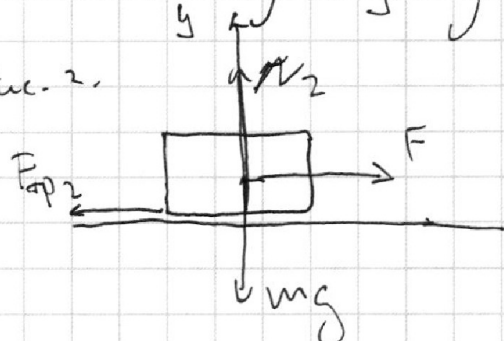
$$F_{\text{тр}1} = \mu N = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

$$\text{ЗЗЗ: } 0/E_1 + A_{\text{ср.с.}} = E_2$$

$$0 + FL \cos \alpha - F_{\text{тр}1} L = k$$

$$FL \cos \alpha - \mu mg L + \mu F L \sin \alpha = k \quad (1)$$

Рис. 2.



$$\text{IIЗН (ось } y): N_2 = mg$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu N_2 = \mu mg$$

$$\text{ЗЗЗ: } FL - F_{\text{тр}2} L = k$$

$$FL - \mu mg L = k \quad (2)$$

$$(2) - (1): FL - \mu mg L - FL \cos \alpha + \mu mg L - \mu F L \sin \alpha = 0$$

$$F - F \cos \alpha - \mu F \sin \alpha = 0$$

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

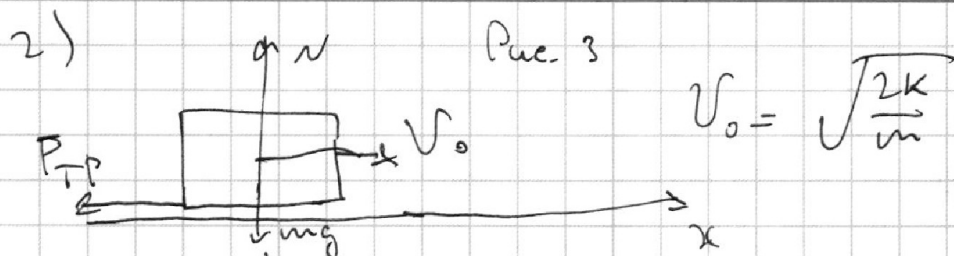
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\Sigma \vec{F} (осв \ x): K + A_{ст.л.} = 0$$

$$K - F_{тр} S = 0 \quad (3)$$

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \quad (4)$$

$$\Pi \Sigma K (осв \ x) (Рис. 1): ma_{1x} = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)$$

$$\Pi \Sigma K (осв \ x) (Рис. 2): ma_{2x} = F - \mu mg$$

$$\Pi \Sigma K (осв \ x) (Рис. 3): ma_{3x} = -\mu mg \Rightarrow a_{3x} = -\mu g$$

$$S = V_0 T_3 + \frac{a_{3x} T_3^2}{2} = V_0 T_3 - \frac{\mu g T_3^2}{2}$$

$$T_3 = -\frac{V_0}{a_{3x}} = \frac{V_0}{\mu g}$$

$$S = \frac{V_0^2}{\mu g} - \frac{\mu g}{2} \frac{V_0^2}{(\mu g)^2} = \frac{V_0^2}{2\mu g}$$

$$L = \frac{V_0^2}{2a_{1x}}$$

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

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$; 2) $S = \frac{k \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$

стр. 6

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!

Задача 4.

$C_{1,2} = \frac{3}{2} R$ — теплоёмкость изохорного процесса. $\Rightarrow$

$\Rightarrow 1-2$ — изохорный процесс

$$P_1 V_1 = \sqrt{2} R T_1$$

$$P_2 V_2 = \sqrt{2} R T_2, T_2 = 8 T_1 \text{ (из графика)}$$

$$P_2 = 8 P_1$$

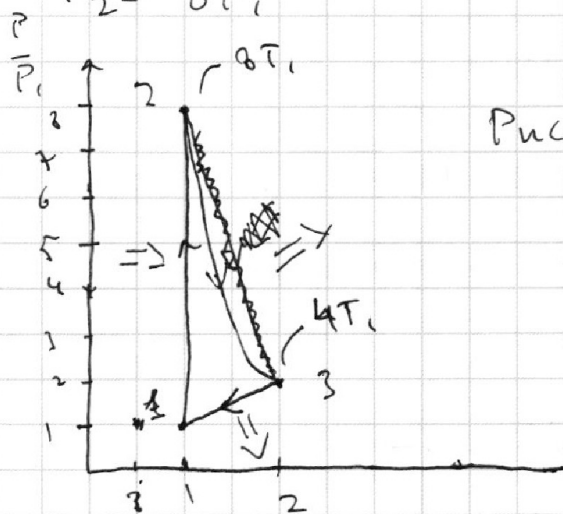


Рис. 4.

$C_{3,1} = 2R$ — теплоёмкость процесса $P = kV$ (для одноатомного газа)

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \sqrt{2} R T_1 \\ P_2 V_2 = \sqrt{2} R T_3, T_3 = 4 T_1 \text{ (из графика)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} k V_1^2 = \sqrt{2} R T_1 \\ k V_2^2 = 4 \sqrt{2} R T_1 \end{cases}$$

$$V_2^2 = 4 V_1^2 \Rightarrow V_2 = 2 V_1; P_2 = 2 P_1$$

$A_{3,1}$ — работа газа в процессе 3-1.

$$A_{3,1} = - \frac{P_1 + P_3}{2} (V_1 - V_3) = - \frac{3 P_1}{2} V_1 = - \frac{3}{2} \sqrt{2} R T_1$$

площадь трапеции

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!

$$1) A_{31} = -A'_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 = 3 \cdot 831 = 2493 \text{ Дж}$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - 8T_1) + A_{23} = -6 \nu R T_1 + A_{23}$$

$$C_{23} \nu (4T_1 - 8T_1) = -6 \nu R T_1 + A_{23}$$

$$A_{23} = 4 \nu R T_1$$

$$A_{23 \text{ макс.}} = \frac{P_2 + P_3}{2} (V_3 - V_2) = \frac{10 P_1}{2} V_1 = 5 P_1 V_1 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ процесс 2-3 — нелинейный $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ процесс 2-3 — политропический процесс

$$P V^n = \text{const}$$

$$A_{\Sigma} = A_{23} + A'_{31} + A_{12} = 4 \nu R T_1 - \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{5}{2} \nu R T_1$$

$$Q_{\Sigma} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \cdot 7T_1 + 2 \nu R \cdot \frac{1}{2} T_1 = \frac{3}{2} \nu R (8T_1 - T_1) = \frac{21}{2} \nu R T_1$$

$$2) \eta = \frac{\frac{5}{2} \nu R T_1}{\frac{21}{2} \nu R T_1} = \frac{5}{21} = \frac{500}{21} \%$$

Ответ: 1) $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$; 2) $\eta = \frac{5}{21}$; 3) Рис. 4.

Дополнение к процессу 2-3:

$$n = \frac{c_p - c_v}{c_v - c_p} = \frac{\frac{5}{2} R - \frac{3}{2} R}{\frac{3}{2} R - \frac{5}{2} R} = \frac{-4R}{-2R} = 2 \Rightarrow P V^2 = \text{const}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

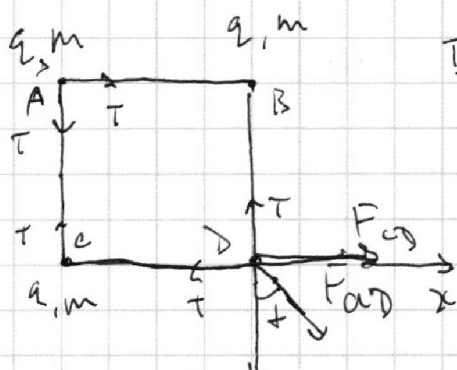
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

Задача 5.

1)



ПЗК (на D; ось x):

$$0 = F_{CD} + F_{AD} \sin \alpha - T$$

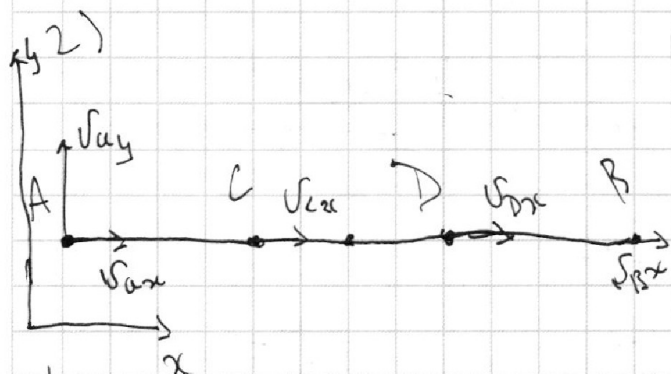
$$T = k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{2a^2} \sin \alpha,$$

$$\alpha = \frac{\pi}{4}$$

$$k \frac{q^2}{a^2} \left(1 + \frac{\sin \alpha}{2} \right) = T$$

$$q^2 = \frac{2a^2 T}{k(2 + \sin \alpha)}$$

$$q = a \sqrt{\frac{2T}{k(2 + \frac{\sqrt{2}}{2})}} = 2a \sqrt{\frac{T}{k(4 + \sqrt{2})}} = 2a \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 T}{4 + \sqrt{2}}}$$

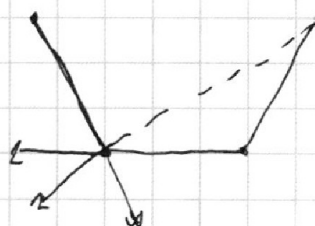


Кратчайшим путем:

$$v_{Ax} = v_{Cx} = v_{Dx} = v_{Bx} = v_x$$

$$\text{ЗК: } x: 4v_{x0} = 4v_x \rightarrow$$

$$\Rightarrow v_x = 0$$



стр. 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!

$$y: V_{ay} + V_{cy} + V_{dy} + V_{by} = 0$$

$$V_{ay} = V_{by}, \text{ из соображений симметрии}$$

$$V_{cy} = V_{dy}$$

$$2V_{ay} + 2V_{cy} = 0 \Rightarrow V_{ay} = -V_{cy} = V_y$$

зед:

$$K_{n1} = K_{n2} + K_{обш}$$

$$4K \frac{q^2}{a} + 2K \frac{q^2}{a\sqrt{2}} = \frac{13}{3} K \frac{q^2}{a} + K_{обш}$$

$$K_{обш} = K \frac{q^2}{a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} + \frac{mV_3^2}{2} + \frac{mV_4^2}{2} \quad \text{Скорости всех зарядов равны по модулю} \Rightarrow$$

у всех зарядов равные кинетические энергии.

$$2) K_a = \frac{K_{обш}}{4} = \frac{1}{4} K \frac{q^2}{a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{4a^2 \cdot 4\pi\epsilon_0 \tau}{16\pi\epsilon_0 a(4+\sqrt{2})} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) =$$

$$\text{Ответ: } q = \frac{a\tau \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)}{4+\sqrt{2}}$$

$$\text{Ответ: } 1) q = 2a \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \tau}{4+\sqrt{2}}}; 2) K_a = \frac{a\tau \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)}{4+\sqrt{2}}$$

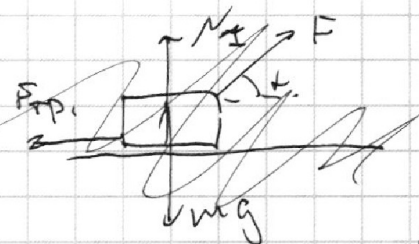
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$W_A = k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}} + k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}} + k \frac{q^2}{a} =$$

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

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

$$W_{B2} = k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{2a} + k \frac{q^2}{3a} + k \frac{q^2}{4a} + k \frac{q^2}{2a} + k \frac{q^2}{a} =$$

$$= 3k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{q^2}{2a} + k \frac{q^2}{3a} = 4k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{3a} =$$

$$= k \frac{q^2}{a} \left(4 + \frac{1}{3} \right) = \frac{13}{3} k \frac{q^2}{a}$$

$$W_{n1} = W_{n2} + W_{\cos \alpha}$$

$$4k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a} \sqrt{2} = 4k \frac{q^2}{3a} + k \frac{q^2}{3a} + W_{\cos \alpha}$$

$$W_{\cos \alpha} = k \frac{q^2}{a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$1 - \frac{1}{2} > \frac{1}{2} \quad \left| \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6} \right.$$

$$W_{n1} = 2k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}}$$

$$W_{n2} = k \frac{q^2}{a} + 4k \frac{q^2}{2a} + k \frac{q^2}{3a}$$

$$W_{n1} = W_{n2} + W_{\cos \alpha}$$

$$2k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}} = k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{2a} + k \frac{q^2}{3a} + W_{\cos \alpha}$$

$$W_{\cos \alpha} = k \frac{q^2}{2a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}}$$



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!

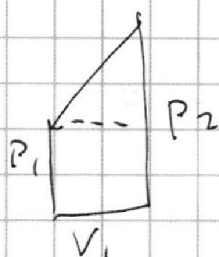
$$W_{2H} = W_H = 2K \frac{q^2}{a\sqrt{2}} + K \frac{q^2}{a\sqrt{2}}$$

$$W_{2K} = 2K \frac{q^2}{a} + K \frac{q^2}{2a}$$

$$U_{Ax} = U_{Cx} = U_{Dx} = U_{Bx} = U_x$$

$$P_x = 0$$

$$4U_x = 0 \Rightarrow U_x = 0$$



$$\begin{aligned} S &= P_1 V_1 + \frac{(P_2 - P_1)}{2} V_1 = \\ &= \frac{1}{2} P_1 V_1 + \frac{1}{2} P_2 V_1 = \frac{P_1 + P_2}{2} V_1 \end{aligned}$$

$$\gamma = \frac{i+2}{i} = \frac{c_p}{c_v}$$

$$\eta = \frac{c - c_p}{c - c_v} = \dots$$