



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.

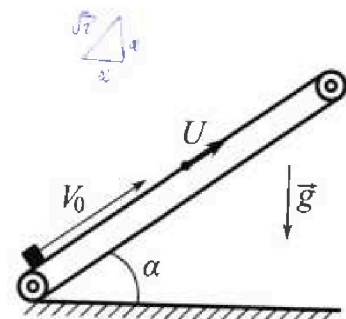
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного 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.).

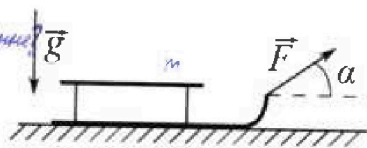
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

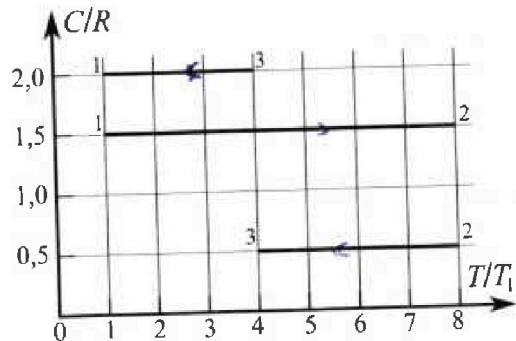
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

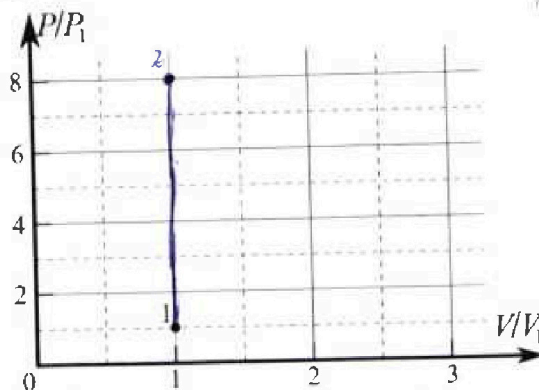
Вариант 10-02

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 $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



- 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.



$$Q = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$Q = \frac{3}{2} p_1 V_2 - p_1 V_1$$

$$Q = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1)$$

$$Q = \frac{3}{2} p_1 (V_1 - V_2) + p_1 (V_1 - V_2) = \frac{5}{2} p_1 (V_1 - V_2)$$

$$C_p = C_v + R$$

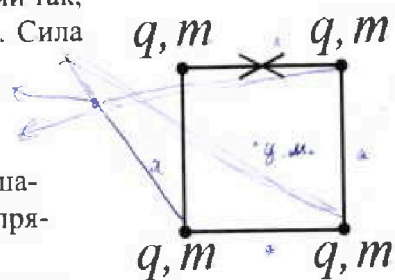
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

- 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.



$$2,5 = 3,5 \cdot h$$

$$h = \frac{3,5}{2,5} = \frac{7}{5}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

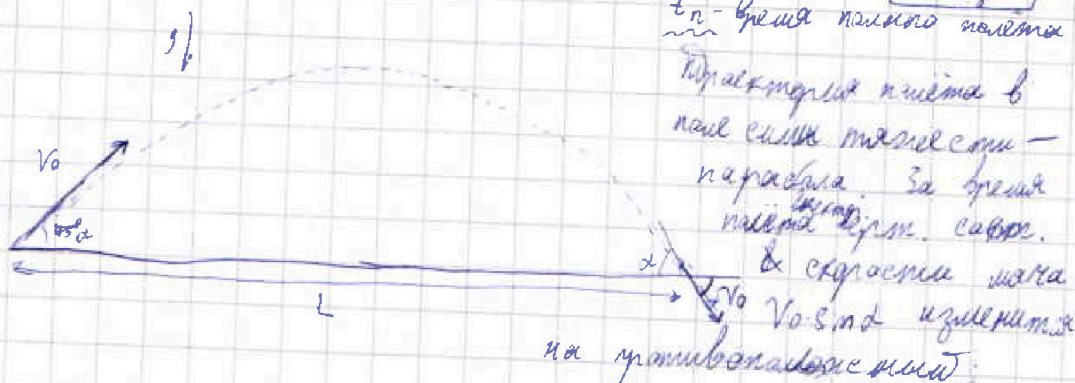
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача n1

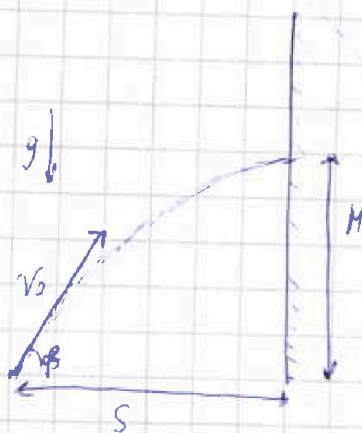


$V_0 \cos \alpha$ - горизонт. сост. скор. мяча на протяжении всего полета:
 $L = V_0 \cos \alpha \cdot t_n$

$$L = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow L = \frac{2V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{L \cdot g}{2 \cos \alpha \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{20 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot \cos 45^\circ \sin 45^\circ}} = \sqrt{\frac{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}} = \sqrt{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Оконч. $V_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$
~~Оконч. $V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$~~



Наибольшая возможная высота - на вершине параболы траектории, т.е. в момент, когда верт. сост. его скорости равна нулю.

$$0 = V_0 \sin \beta - g t_{\text{em}}; \quad t_{\text{em}} = \frac{V_0 \sin \beta}{g}$$

t_{em} - время полета от точки броска до вершины траектории.
 β - угол вылета мяча с горизонт.

$$H = V_0 \sin \beta \cdot t_{\text{em}} - \frac{g t_{\text{em}}^2}{2}; \quad H = V_0 \sin \beta \cdot \frac{V_0 \sin \beta}{g} - \frac{g V_0^2 \sin^2 \beta}{2 g^2}$$

$$H = \frac{1}{2} \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{g}$$

или (продолж. на след. странице)

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

МФТИ

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 продолжение

$$M = \frac{1}{2} \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{g}, \quad \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{2M \cdot g}{V_0^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \cdot 10}{20^2 (10\sqrt{2})^2}} = \sqrt{\frac{72}{200}}$$

$$t_{\text{см}} = \frac{V_0 \sin \beta}{g}$$

$V_0 \cos \beta$ - горизонт. сост. скор. мяча в момент смещения.

$$S = V_0 \cos \beta \cdot t_{\text{см}} =$$

$$S = V_0 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} \cdot \frac{V_0 \sin \beta}{g} = \frac{V_0^2}{g} \sqrt{1 - \sin^2 \beta} \cdot \sin \beta = \frac{(10\sqrt{2})^2}{10} \sqrt{1 - \frac{72}{200}} \cdot \sqrt{\frac{72}{200}}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{200}{10} \sqrt{\frac{128}{200}} \sqrt{\frac{72}{200}} &= \frac{\sqrt{128 \cdot 72}}{10} = \frac{\sqrt{9216}}{10} = \frac{96}{10} = 9,6 \text{ м} \\ &= \frac{\sqrt{4 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 8}}{10} = \frac{4 \cdot 8}{10} \cdot 2\sqrt{2} = 6,4\sqrt{2} \text{ м} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } S = 6,4\sqrt{2} \text{ м}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

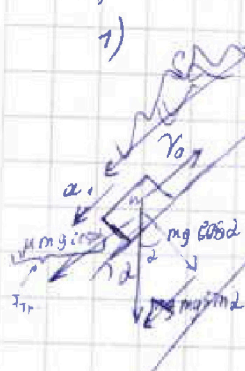
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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. Печать QR-кода недопустима!

Задача 12



Прям. m - масса кубика 134 кг

S - путь, путь за время $T = \sqrt{1 - \frac{36}{100}} = \sqrt{\frac{64}{100}} = 0,8$

при скольжении сила трения равна $F_{fr} = \mu mg \cos \alpha$

Тогда кубик движется вверх

пока не соударится с транспортиром

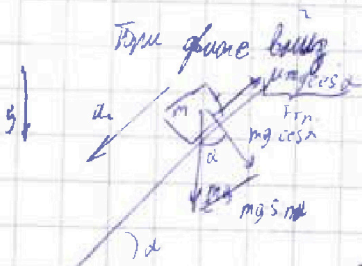
$$ma_1 = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$$

$a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g(0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = 9,7$

$$0 = v_0 - a_1 t_1, \quad t_1 = \frac{v_0}{a_1} = \frac{6}{9,7} = 0,6 \text{ с}$$

S_n - путь при подъеме

$$S_n = v_0 \cdot t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2}$$



пока не соударится с транспортиром

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

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g(0,6 - 0,5 \cdot 0,8) = 0,2g$$

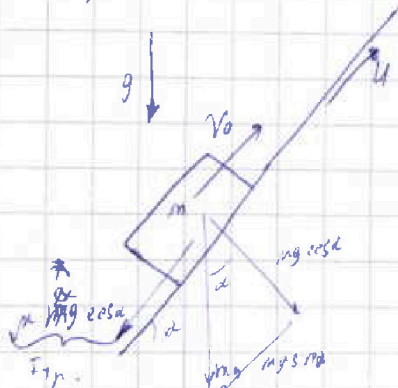
S_{en} - путь при спуске

$$S_{en} = \frac{a_2 t_1^2}{2} = \frac{0,2g \cdot t_1^2}{2}$$

$$S = S_n + S_{en} = v_0 \cdot t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} + \frac{a_2 t_1^2}{2} = \left(6 \cdot 0,6 - \frac{9,7 \cdot 0,6^2}{2} \right) + \frac{0,2 \cdot 10 \cdot 0,6^2}{2} = 3,6 - 5,0,36 + 0,18 = 0,52 - 1,82 = 0,34 \text{ м}$$

Отв. $S = 0,34 \text{ м}$

2)



скр. кубик становится U , т.е. равняется скорости транспортера, т.е. прекращает скользить

кубик до тех пор пока движется

по транспортеру вверх, т.е. с ускор. $a_1 = g$ по оси x -ра

$$0 = v_0 - U - a_1 T_1$$

$$T_1 = \frac{v_0 - U}{a_1} = \frac{6 - 1}{10} = 0,5 \text{ с}$$

Отв. $T_1 = 0,5 \text{ с}$

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!



Задача 12 продолжение.

14.10

3) Предположим в с.о. транслятора. В ней нулевой или ненулевой скорости крошки — момент, когда её скорость — U (напр. вверх, от пр.-ра)

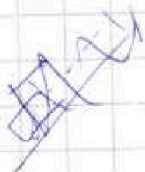


Такая скор. (отн. пр.-ра) и ускорения. Вверх $a_1 = 9$ и пройдёт путь L_1 , и это займёт время t_1 .

Такая скор. крошки отн. пр.-ра является от 0 до U вниз, она движется с уск $a_2 = 0,2g$ и пройдёт путь L_2 за время t_2 .

L_1 и L_2 — отн. пр.-ра.

$$0 = (V_0 - U) - a_1 t_1;$$



$$L_1 = (V_0 - U) t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{(V_0 - U)^2}{2 \cdot 9}$$

$$U = 0 + a_2 t_2; \quad t_2 = \frac{U}{0,2g}$$

$$L_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} = \frac{U^2}{2 \cdot 0,2g}$$

или общ. следствие

следствие самого пр.-ра

$$L = (L_1 - L_2) + U \cdot (t_1 + t_2) = \frac{(V_0 - U)^2}{2 \cdot 9} - \frac{U^2}{2 \cdot 0,2g} + U \left(\frac{V_0 - U}{9} + \frac{U}{0,2g} \right)$$

следств. отн. пр.-ра

$$L = \frac{(6-1)^2}{2 \cdot 10} - \frac{1^2}{2 \cdot 0,2 \cdot 10} + 1 \cdot \left(\frac{6-1}{10} + \frac{1}{0,2 \cdot 10} \right) = 1,25 - \frac{1}{4} + 0,5 + \frac{1}{2} = 1,75 \text{ м}$$

Отв: $L = 1,75 \text{ м}$.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

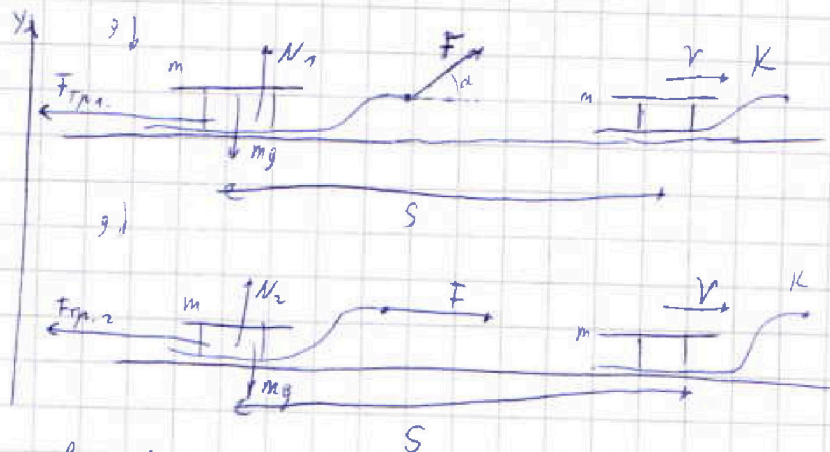
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача №3

У-изг. $\frac{15 \text{ м/с}}{2}$, $\frac{15 \text{ м/с}}{2}$ к



$$K = \frac{mV^2}{2}$$

Горизонтальная S - длина участка пути разгона

В первом случае сила норм. реакции опоры N_1 , а сила трения $F_{тр1} = \mu N_1$ (или $0,2 \cdot 2 \cdot 10$) $mg + N_1 + F \sin \alpha = 0$

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

$$F_{тр1} = \mu N_1 = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

Во втором случае сила норм. реакции опоры N_2 , а сила трения $F_{тр2} = \mu N_2$ (или $0,2 \cdot 2 \cdot 10$) $-mg + N_2 = 0$

$$N_2 = mg$$

$$F_{тр2} = \mu N_2 = \mu mg$$

4. З.с. 7 для 1-го сл.)

$$1) F \cos \alpha \cdot S - F_{тр1} \cdot S = K \quad \left(\begin{array}{l} \text{изм. кин. эн. равно сумме работ} \\ \text{внешних сил} \end{array} \right)$$

$$F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = \frac{K}{S}$$

З.с. 7 для 2-го сл.)

$$2) F \cdot S - F_{тр2} \cdot S = K$$

$$F - \mu mg = \frac{K}{S}$$

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

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

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

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

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



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!

Задача из предыдущего.

16.09.10

$$(1) \quad F \cdot \cos \alpha \cdot S - F_{T1} \cdot S = K$$

$$(2) \quad F \cdot S - F_{T2} \cdot S = K$$

$$\downarrow$$

$$F = \frac{K - F_{T2} \cdot S}{S}$$

$$\left(\frac{K}{S} - F_{T2} \right) \cos \alpha \cdot S - F_{T1} \cdot S = K;$$

$$\frac{K \cdot \cos \alpha}{S} \cdot S - F_{T2} \cdot \cos \alpha \cdot S - F_{T1} \cdot S = K$$

$$S \left(\frac{K \cdot \cos \alpha}{S} - F_{T2} \cdot \cos \alpha - F_{T1} \right) = K$$

$$S \left(\frac{K \cdot \cos \alpha}{S} - \mu mg - \mu (mg + F \cdot \sin \alpha) \right) = K$$

$$S \left(\frac{K \cdot \cos \alpha}{S} - \mu mg - \mu \left(mg - \left(\frac{K}{S} - F_{T2} \right) \cdot \sin \alpha \right) \right) = K;$$

$$S \left(\frac{K \cdot \cos \alpha}{S} - \mu mg - \mu \left(mg - \frac{K}{S} \sin \alpha + \mu mg \sin \alpha \right) \right) = K$$

$$S \left(\frac{K \cdot \cos \alpha}{S} - \mu mg - \mu mg - \mu \frac{K}{S} \sin \alpha + \mu^2 mg \sin \alpha \right) = K$$

$$\mu K \sin \alpha + S \left(\frac{K \cdot \cos \alpha}{S} - 2\mu mg + \mu^2 mg \sin \alpha \right) = K$$

$$S \left(\frac{K \cdot \cos \alpha}{S} + \mu mg (\mu \sin \alpha - 2) \right) = K (1 + \mu \sin \alpha)$$

$$S = \frac{K (1 + \mu \sin \alpha)}{K \cdot \cos \alpha - \mu mg (2 - \mu \sin \alpha)}$$

$$\text{Омб. } S = \frac{K (1 + \mu \sin \alpha)}{K \cos \alpha - \mu mg (2 - \mu \sin \alpha)}$$

$$S \cdot \mu mg (\mu \sin \alpha - 2) = K (1 + \mu \sin \alpha - \cos \alpha)$$

$$K \cos \alpha + S \left(-\mu mg - \mu mg + \frac{K}{S} \sin \alpha - \mu^2 mg \sin \alpha \right) = K$$

$$K \cos \alpha + K \sin \alpha + S \left(-2\mu mg - \mu^2 mg \sin \alpha \right) = K$$

$$S = \frac{K (1 - \cos \alpha - \sin \alpha)}{-\mu mg (2 + \mu \sin \alpha)} = \frac{K (\cos \alpha + \sin \alpha - 1)}{mg \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} (2 + \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \sin \alpha)} = \frac{K (\cos \alpha + \sin \alpha - 1) \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) (3 - \cos \alpha)}$$

$$\text{Омб. } S = \frac{K (\cos \alpha + \sin \alpha - 1) \sin \alpha}{mg (1 - \cos \alpha) (3 - \cos \alpha)}$$

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

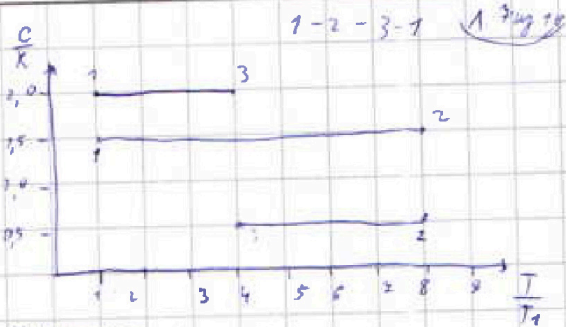
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача 4

$\sqrt{V} = 1 \text{ мксек}$

* Пусть $p_1, V_1, T_1, p_2, V_2, T_2, p_3, V_3, T_3$ —
— давл., объём, темп. в состояниях (точках) в цикле.



1-3) $T_3 = 4T_1$; $T_2 = 8T_1$
 Q_{13} — тепло, отданное газом в процессе 1-3

$$Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13} \quad \text{изв. внутр. эн. газа на 1-3;}$$

$$A_{13} = \Delta U_{13} + A_{31} \quad \text{работа выт. газа на 1-3;}$$

$$Q_{13} = C_{V,3} \cdot \sqrt{V} \cdot (T_1 - T_3) = 2R \cdot \sqrt{V} \cdot (T_1 - 4T_1) = -6R\sqrt{V}T_1$$

$$\Delta U_{13} = \frac{3}{2} \sqrt{V} R T_1 - \frac{3}{2} \sqrt{V} R T_3 = \frac{3}{2} \sqrt{V} R (T_1 - 4T_1) = -\frac{9}{2} \sqrt{V} R T_1$$

$$A_{31} = \Delta U_{13} - Q_{13} = -\frac{9}{2} \sqrt{V} R T_1 - (-6 \sqrt{V} R T_1) = 1,5 \sqrt{V} R T_1 = 1,5 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 \text{ Дж}$$

работа сжатия газа (отрицательная)

$$A_{13} = -A_{31} = -1,5 \sqrt{V} R T_1$$

$$\text{Отв.: } A_{31} = 1,5 \sqrt{V} R T_1 = 24,93 \text{ Дж}$$

Заметим, что на участке 1-2 темп. растёт, т.е. тепло поглощается,

а на участках 2-3 и 3-1 — темп. падает, т.е. тепло выделяется.

$$2-3) \quad Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$Q_{12} = C_{V,2} \cdot \sqrt{V} \cdot (T_2 - T_1) = 1,5R \cdot \sqrt{V} (8T_1 - T_1) = 10,5R\sqrt{V}T_1$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{V} R T_2 - \frac{3}{2} \sqrt{V} R T_1 = \frac{3}{2} \sqrt{V} R (8T_1 - T_1) = 10,5R\sqrt{V}T_1$$

$$(A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 10,5R\sqrt{V}T_1 - 10,5R\sqrt{V}T_1 = 0) \Rightarrow 1-2 - \text{изотермический процесс.}$$

$$2-3) \quad Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$$

$$Q_{23} = C_{V,3} \cdot \sqrt{V} \cdot (T_3 - T_2) = 0,5R \cdot \sqrt{V} (4T_1 - 8T_1) = -2R\sqrt{V}T_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{V} R T_3 - \frac{3}{2} \sqrt{V} R T_2 = \frac{3}{2} \sqrt{V} R (4T_1 - 8T_1) = -6R\sqrt{V}T_1$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = -2R\sqrt{V}T_1 - (-6R\sqrt{V}T_1) = 4R\sqrt{V}T_1$$

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!



Задача 4 продолжение.
поезда работает со скоростью v .

$$A_k = A_{23} + A_{31} = 4RT_1 - 1,5RT_1 = 2,5RT_1$$

или в поршневом двигателе

$$Q_{затр.} = Q_{12} = 10,5RT_1$$

$$\eta = \frac{A_k}{Q_{затр.}} = \frac{2,5RT_1}{10,5RT_1} = \frac{5}{21}$$

Ответ $\eta = \frac{5}{21}$

1-2 — изотерма, так как $V_1 = V_2$

$$p_1 V_1 = \nu RT_1 \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = \frac{8T_1}{T_1} p_1$$

$$p_1 V_1 = \nu RT_1 \quad p_2 V_2 = \nu RT_2 \quad T_2 = 4T_1 \quad p_3 V_3 = 4p_1 V_1$$

$$p_2 V_2 = \nu RT_2 \Rightarrow p_3 V_3 = 4\nu RT_1$$

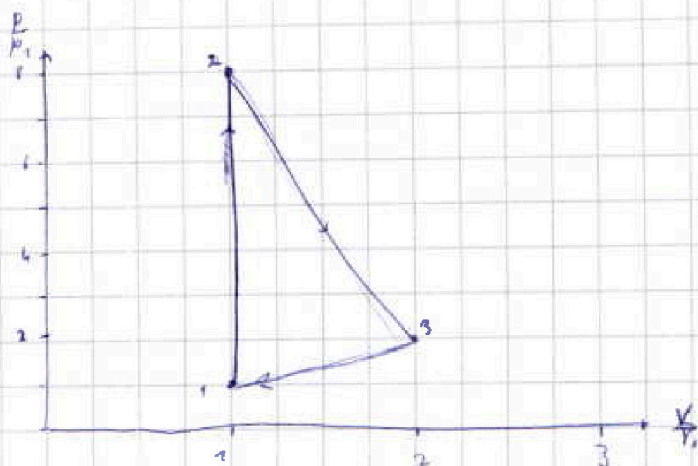
$$p_3 V_3 = \nu RT_3 \Rightarrow p_2 V_2 = p_3 V_3 \text{ и } p_2 V_3 = p_1 V_1, \text{ где}$$

для процесса — политропы. Тождество в процессе — тождество под графиком $p(V)$ в процессе 2-3, α — показатель политропы 3-1

$$\nu = \frac{C_{23}}{C_V} = \frac{0,5R}{1,5R} = \frac{1}{3}$$

$$\alpha = \frac{C_{13}}{C_V} = \frac{2R}{1,5R} = \frac{4}{3}$$

$$\begin{cases} 8p_1 \cdot V_1^{\frac{1}{3}} = p_3 \cdot V_3^{\frac{1}{3}} \\ p_3 V_3^{\frac{4}{3}} = p_1 V_1^{\frac{4}{3}} \\ p_3 V_3 = 4p_1 V_1 \end{cases}$$



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!



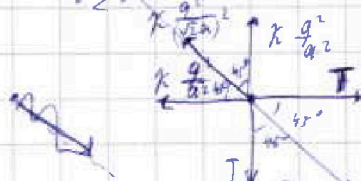
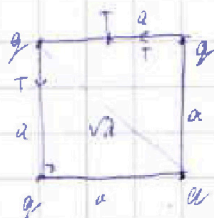
Задача 15

k - кулоновская постоянная

Л 8 из 10

Понятно, что розетки натянуты, но шарик ~~раздвинут~~ отталкиваются друг от друга.

Вект. силы, действова на левый внешний шарик:



Т.к. шарик покоится, равнодействующая всех сил равна нулю.

Вспомогат. силы на ось OZ проецируются через диагональ квадрата.

$$OZ: k \frac{q^2}{(\sqrt{2}a)^2} + k \frac{q^2}{a^2} \cos 45^\circ + k \frac{q^2}{a^2} \cos 45^\circ - T \cos 45^\circ - T \cos 45^\circ = 0;$$

$$k \frac{q^2}{a^2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cos 45^\circ \right) = 2T \cos 45^\circ$$

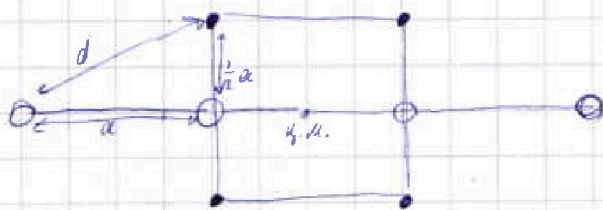
$$k \frac{q^2}{a^2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} T;$$

$$k \frac{q^2}{a^2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} \right) = \sqrt{2} \cdot T \Rightarrow q^2 = \frac{\sqrt{2} \cdot T a^2}{k \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} \right)} \Rightarrow \text{Отв. } q = \sqrt{\frac{\sqrt{2} T}{k \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} \right)}} a$$

Т.к. внешние сил нет $\Rightarrow$ центр масс системы не движется.

После роз. перемещения верхний шарики шарика будут стараться занять положение максимального удаления друг от друга, т.е. выстроиться в

линию (по крайним шарикам). (Центр масс при этом не сместится.)



$$d = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + a^2} = a \sqrt{1,25}$$

$$\text{Отв. } d = \sqrt{1,25} a$$

Положение шариков на одной прямой - ~~устойчивое~~ ^{устойчивое} положение, т.е. минимальная потенциальная энергия.



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!

110 из 10