



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.

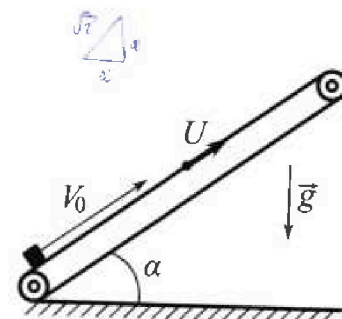
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

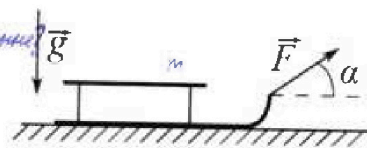
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

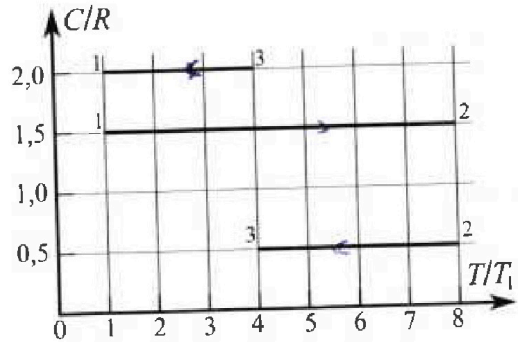
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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

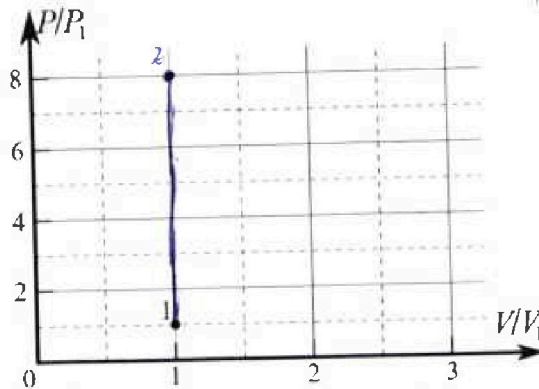
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



$$\begin{aligned}
 & \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} \\
 & Q = \frac{3}{2} p_1 V_1 \\
 & Q = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \\
 & Q = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) = \frac{3}{2} V_1 (8 - 1) \\
 & Q = \frac{3}{2} p_1 (V_2 - V_1) + p_1 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} p_1 (V_2 - V_1) \\
 & C_p = C_v + R
 \end{aligned}$$

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 .

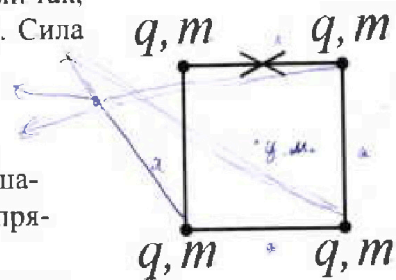
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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.



$$\begin{aligned}
 & 2,5 = 3,5 - h \\
 & h = \frac{3T}{3\epsilon_0} = \frac{5}{7}
 \end{aligned}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

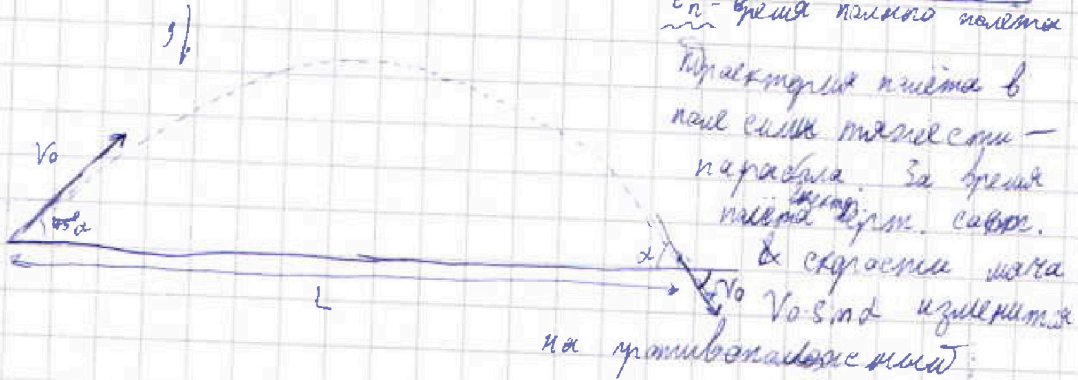
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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



t_n - время полета мяча

Траектория мяча в поле зрения наблюдателя - парабола. За время полета мяча $V_0 \sin \alpha$ & скорости мяча на противоположных матах:

$$-V_0 \sin \alpha = V_0 \sin \alpha - g t_n$$

$$t_n = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$V_0 \cos \alpha$ - горизонт. составляющая скорости мяча на протяжении всего полета:

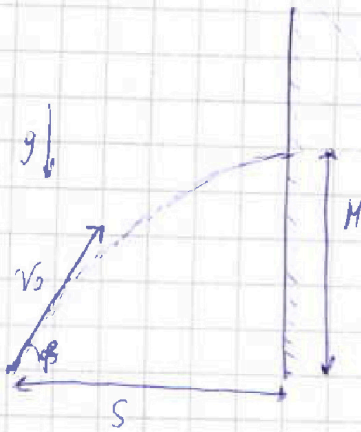
$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t_n$$

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

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

$$= \sqrt{\frac{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}} = \sqrt{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}$$

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. $V_y = 0$ мяч удерживается в точке в момент, когда верт. составляющая скорости равна нулю.

$$0 = V_0 \sin \beta - g t_{em}$$

$$t_{em} = \frac{V_0 \sin \beta}{g}$$

t_{em} - время полета мяча β - угол наклона мяча к горизонту.

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

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

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

или (продолж. на след. странице)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 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 11 продолжение

$$M = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{2M \cdot g}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \cdot 10}{200^2 (10 \sqrt{2})^2}} = \sqrt{\frac{72}{200}}$$

$$t_{\text{см}} = \frac{v_0 \cdot \sin \beta}{g}$$

$v_0 \cos \beta$ - горизонт. сост. скор. мяча в момент выстрела.



$$S = v_0 \cos \beta \cdot t_{\text{см}}$$

$$S = v_0 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} \cdot \frac{v_0 \cdot \sin \beta}{g} = \frac{v_0^2}{g} \sqrt{1 - \sin^2 \beta} \cdot \sin \beta = \frac{(10 \sqrt{2})^2}{10} \sqrt{1 - \frac{72}{200}} \cdot \sqrt{\frac{72}{200}}$$

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

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:

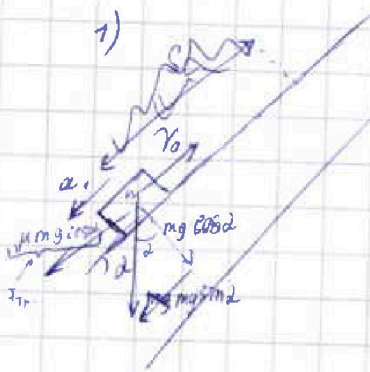
1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

МФТИ

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



Задача 12



Пусть m - масса коробки 13 кг , $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{36}{100}} = \sqrt{\frac{64}{100}} = 0,8$
 Если скользит, путь за время $T = \dots$
 Если коробка фиксируется вверх, то сила трения равна $F_{fr} = \mu mg \cos \alpha$

Тогда коробка фиксируется вверх
 (2) $\mu = 0,5$ на ось откалиброванную
 век. коробки направл. вверх.
 $ma_1 = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$

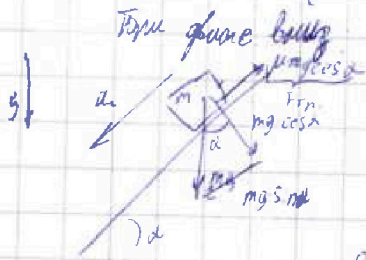
$$a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g(0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = 9,9$$

t_1 - время получения скорости v_0

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

S_1 - путь при подъеме

$$S_1 = v_0 \cdot t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2}$$



Тогда фиксируется вниз
 (2) $\mu = 0,5$ на ось откалиброванную
 век. при фикс. вниз.
 $ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$

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

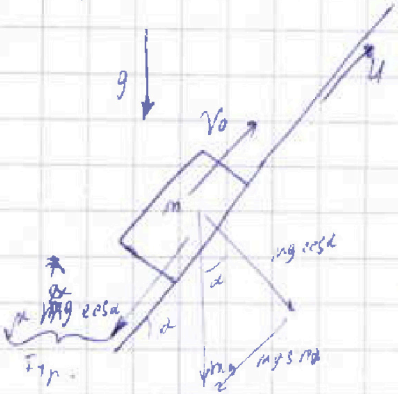
S_2 - путь при спуске

$$S_2 = \frac{a_2 t_1^2}{2} = \frac{0,2g \cdot t_1^2}{2}$$

$$S = S_1 + S_2 = v_0 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} + \frac{a_2 t_1^2}{2} = \left(6 \cdot 0,6 - \frac{9,9 \cdot 0,6^2}{2} \right) + \frac{0,2 \cdot 10 \cdot 0,6^2}{2} = 3,6 - 5,0,36 + 0,16 = 0,52 - 1,8 = 0,34 \text{ м}$$

Отв. $S = 0,34 \text{ м}$

2)



Если коробка становится U , т.е. равняется скорости транспортера, т.е. прекращает скользить отн. транспортера (в.о. транспортера)

коробка до тех пор фиксируется отн. транспортера вверх, т.е. с уга $a_1 = g$ по осм отн. ра. нац. век. коробки в.о. отн. ра. (м.д. = $mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$)

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

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

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 №2 продолжение.

14.10.10

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

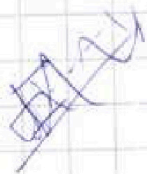


Такая скорость (отн. пр.-ра) и ускорения. Вверх $a_1 = 9$ и просядет путь L_1 и это займёт время t_1 .

Такая скорость «крючки» отн. пр.-ра является от 0 до U вниз, она движется с укс $a_2 = 0,2g$ и просядет путь L_2 за время t_2 .

L_1 и L_2 — отн. пр.-ра.

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



$$L_1 = (V_0 - U) t_1 - \frac{a_1 \cdot t_1^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{(V_0 - U)^2}{9}$$

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

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

и мин. скор. сближения

сложим самого пр.-ра

$$L = \underbrace{(L_1 - L_2)}_{\text{слож. отн. пр.-ра}} + U \cdot (t_1 + t_2) = \frac{1}{2} \frac{(V_0 - U)^2}{9} - \frac{U^2}{2 \cdot 0,2g} + U \left(\frac{V_0 - U}{9} + \frac{U}{0,2g} \right)$$

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

Отв: $L = 1,75 \text{ м}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

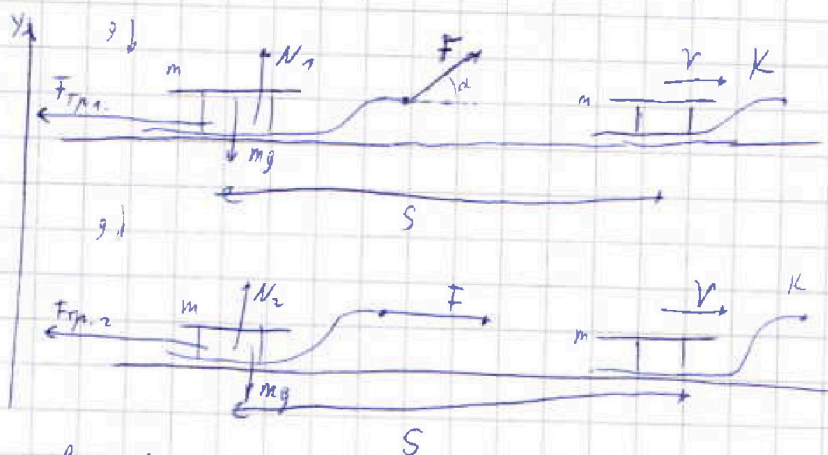
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Задача №3

v -изг. $\Delta 5 \text{ см/с}$, $\text{состав. кин. эн. к}$



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

Горизонт S - длина участка пути разгона

в первом случае сила норм. реакции опоры $N_1 \approx mg$, а сила трения $F_{тр1} = \mu N_1$

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

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

во втором случае сила норм. реакции опоры N_2 , а сила трения $F_{тр2} = \mu N_2$

$$N_2 = mg$$

$$F_{тр2} = \mu N_2 = \mu mg$$

З.с.т. для 1^{го} сл.)

$$F \cdot \cos \alpha \cdot S - F_{тр1} \cdot S = K$$

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

З.с.т. для 2^{го} сл.)

$$F \cdot S - F_{тр2} \cdot S = K$$

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

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

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

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

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

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



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 предыдущей вкл.

16 из 10

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

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

$$\downarrow$$

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

подстав. в (1)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

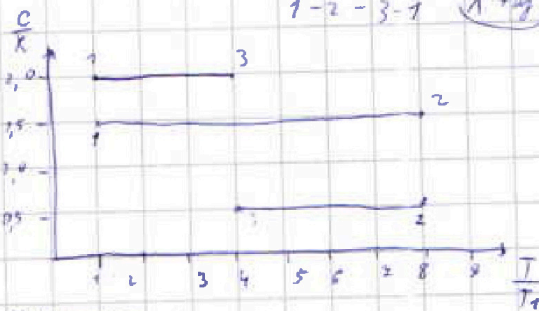
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача 4

$\sqrt{1}$ день

* Пусть $p_1, V_1, T_1, p_2, V_2, T_2, p_3, V_3, T_3$ -
давление, объем, темп. в состояниях (молекулы) в цилиндре.



1-2-3-1 $\sqrt{1}$ день

1-3) $T_3 = 4T_1$; $T_2 = 8T_1$
 Q_{13} - количество теплоты, переданное газу в процессе 1-3.

$Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13}$ - работа газа в процессе 1-3;
 $Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{31}$ - работа над газом в процессе 1-3.

$$Q_{13} = C_{p,3} \cdot \sqrt{1} \cdot (T_3 - T_1) = 2R \cdot \sqrt{1} \cdot (T_3 - T_1) = -6R\sqrt{1}T_1$$

$$\Delta U_{13} = \frac{3}{2} \sqrt{1} R T_1 - \frac{3}{2} \sqrt{1} R T_3 = \frac{3}{2} \sqrt{1} R (T_1 - 4T_1) = -\frac{9}{2} \sqrt{1} R T_1$$

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

работа внешнего газа (сжимающегося)

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

$$\text{Омб: } A_{31} = 1,5 \sqrt{1} R T_1 = \frac{24,93}{300} \cdot 200 \text{ Дж}$$

Заметим, что на участке 1-2 темп. растет, т.е. тепло подводится,

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

2-3) 1-2) $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$

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

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{1} R T_2 - \frac{3}{2} \sqrt{1} R T_1 = \frac{3}{2} \sqrt{1} R (8T_1 - T_1) = 10,5 R T_1$$

$$(A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 10,5 \sqrt{1} R T_1 - 10,5 \sqrt{1} R T_1 = 0) \Rightarrow 1-2 - \text{изотермический процесс. } V_1 = V_2$$

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

$$Q_{23} = C_{p,3} \cdot \sqrt{1} \cdot (T_3 - T_2) = 0,5R \cdot \sqrt{1} \cdot (4T_1 - 8T_1) = -2 R T_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{1} R T_3 - \frac{3}{2} \sqrt{1} R T_2 = \frac{3}{2} \sqrt{1} R (4T_1 - 8T_1) = -6 R T_1$$

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

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!

18 из 10

Задача 4 из предыдущей.
находящая работа соверш. за цикл.

$$A_{\text{к}} = A_{23} + A_{31} = 4RT_1 - 1,5RT_1 = 2,5RT_1$$

или во втором процессе температура

$$Q_{\text{затр.}} = Q_{12} = 10,5RT_1$$

$$\eta = \frac{A_{\text{к}}}{Q_{\text{затр.}}} = \frac{2,5 \cdot 4 RT_1}{10,5 RT_1} = \frac{10}{21}$$

Ответ $\eta = \frac{10}{21}$

1-2 — изотерма, $\mu \Delta \mu V_1 = V_2$

$$p_1 V_1 = \nu RT_1 \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = \frac{4T_1}{T_1} p_1$$

$$p_1 V_1 = \nu RT_1 \quad p_1 V_2 = \nu RT_1 \quad p_3 V_3 = 4 p_1 V_1$$

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

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

на процесс — плавное.

Точка в процессе — равновесие под давлением $P(M)$

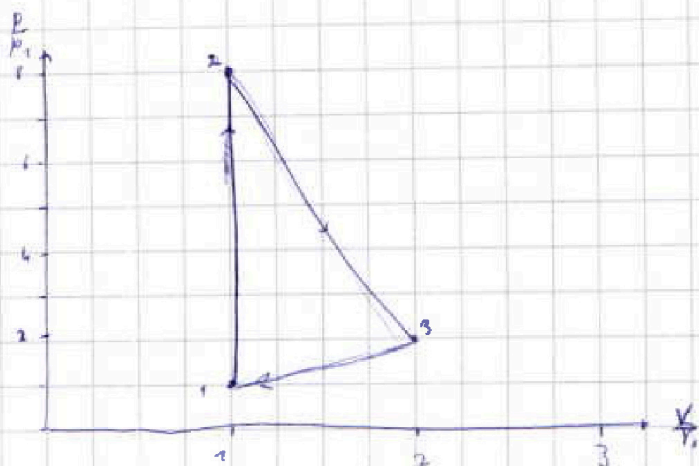
в начальных условиях

2-3, α — показатель расширения 3-1

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

$$\alpha = \frac{C_{23}}{C_V} = \frac{2R}{1,5R} = \frac{4}{3}$$

$$\begin{cases} p_1 \cdot V_1^{\frac{1}{3}} = p_2 \cdot V_2^{\frac{1}{3}} \\ p_2 \cdot V_2^{\frac{4}{3}} = p_1 \cdot V_1^{\frac{4}{3}} \\ p_3 V_3 = 4 p_1 V_1 \end{cases}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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

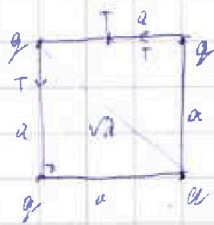


Задача 5

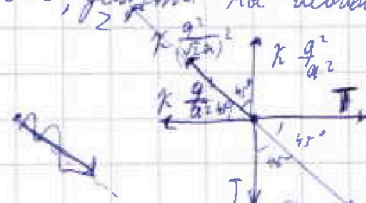
k - гравитационная постоянная

Л 9 из 10

Понятно, что розу нити натянуты, но шарик ~~расстояние~~ отстоит от центра квадрата от друга.



Вект. силы, действова на левый верхний шарик:



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

Вспомогат. силы на ось Z проецируются через диагональ квадрата.

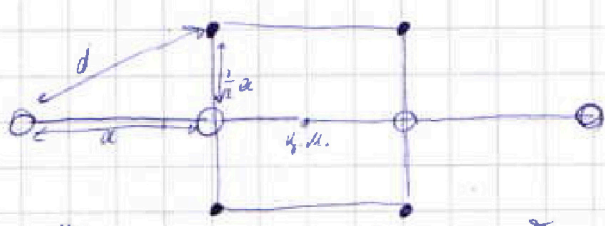
$$0Z: k \frac{q^2}{(\sqrt{2}a)^2} + k \frac{q^2}{a^2} \cos 45^\circ + k \frac{q^2}{a^2} \cos 45^\circ - T \cos 45^\circ - T \cos 45^\circ = 0;$$

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

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

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

Т.к. внешние сил нет \Rightarrow центр масс системы не движется.
 После роз. перемещения верхний шарик будет стараться занять положение максимального удаления от центра, т.е. выстроится в линию (по крайним шарикам). Центр масс при этом не сместится.



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

$$\text{Отв. } d = \sqrt{1,25} a$$

Расстояние шариков на одной прямой - ~~тоже~~ центральное положение, т.е. наименьшее или наибольшее расстояние от центра.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



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

110 из 10