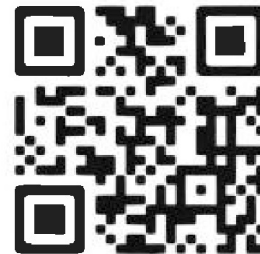




Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

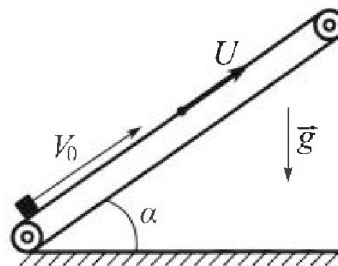
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

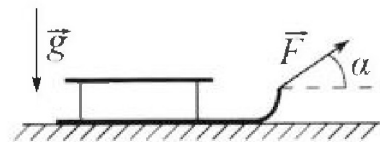
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.

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

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

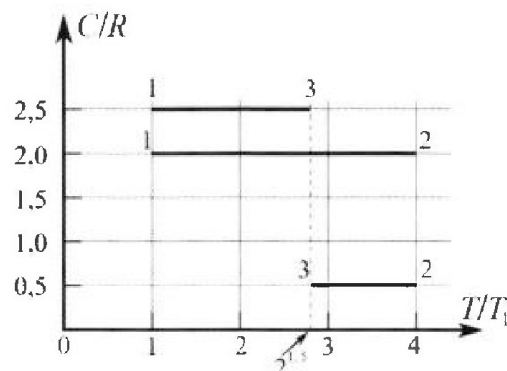


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

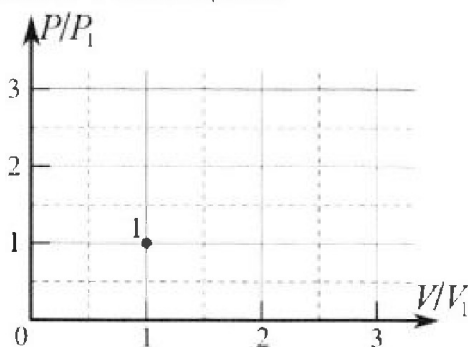
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объем в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



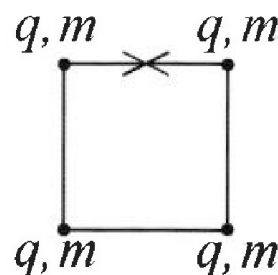
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

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



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

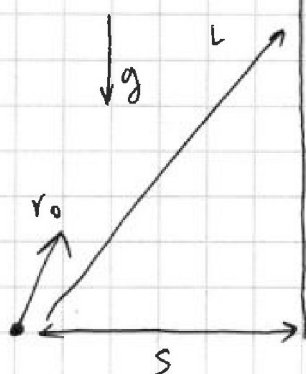
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) 1р-е движение; на максимальной высоте $V_k = 0$ т.к. экстремум

$$V_0 = gT = g$$

Отв.: 1) ~~20 м/с~~ $gT = 20 \text{ м/с}$ $V_0 = gT = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2 \text{ с} = 20 \text{ м/с}$

2)



1) 1р-я движение в вект. виде, $\vec{V}_k$ - скорость перед ударом об стену, L - перемещение

$$\vec{V}_k = \vec{g}t + \vec{V}_0$$

$$\vec{L} = \frac{\vec{V}_0 + \vec{V}_k}{2} t$$

$H_{\max}$ -

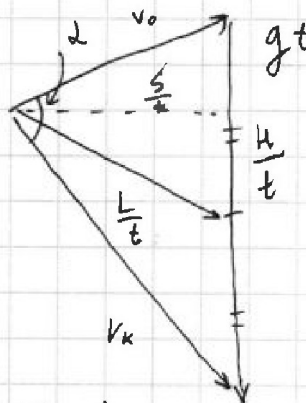
макс. высота

2) нарисован векторный Δ скоростей, в нем медиана $\frac{\vec{L}}{t}$

3) из закона сохр. энергии

$$V_k^2 = V_0^2 - 2gH$$

$$V_k = \sqrt{V_0^2 - 2gH}$$



4) запишем площадь S_{Δ} вект. Δ

$$S_{\Delta} = \frac{S}{t} \cdot gt \cdot \frac{1}{2} = V_0 \sqrt{V_0^2 - 2gH} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{2}$$

$$S_g = V_0 \sqrt{V_0^2 - 2gH} \cdot \sin \alpha$$

т.к. $H_{\max} \rightarrow \sqrt{V_0^2 - 2gH} \min \rightarrow \sin \alpha_{\max}$

$$\sin \alpha_{\max} = 1$$

$$S_g = V_0 \sqrt{V_0^2 - 2gH_{\max}}$$

$$S^2 g^2 = V_0^2 (V_0^2 - 2gH_{\max})$$



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!

$$S^2 g^2 = v_0^2 (v_0^2 - 2gH_{\max})$$

$$\cancel{S^2 g^2} = v_0^4 \quad \frac{S^2 g^2}{v_0^2} = v_0^2 - 2gH_{\max}$$

$$v_0^2 - \frac{S^2 g^2}{v_0^2} = 2gH_{\max}$$

$$\begin{aligned} \text{Дан.: 2) } H_{\max} &= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} = \frac{g^2 t^2}{2g} - \frac{S^2 g}{2g^2 T^2} = \\ &= \frac{g T^2}{2} - \frac{S^2}{2g T^2} = \left(\frac{10 \cdot 4}{2} - \frac{400}{2 \cdot 10 \cdot 4} \right) \text{ м} = (20 - 5) \text{ м} = 15 \text{ м} \end{aligned}$$

$$\text{Дан.: 2) } H_{\max} = \frac{g T^2}{2} - \frac{S^2}{2g T^2} = 15 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

$$\frac{T^2}{2} g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - V_0 T + S = 0$$

$$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2Sg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

нам нужен меньший корень, т.к. рохало в 1 раз и это путь

$$T = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2Sg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

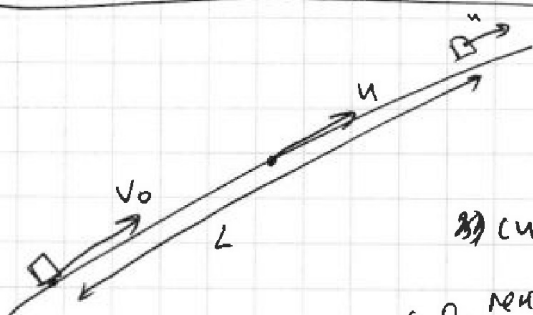
$$T = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2Sg(\mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} + \sin \alpha)}}{g(\mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} + \sin \alpha)}$$

$$T = \frac{4 - \sqrt{16 - 2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{64}{100}} + 0,8 \right)}}{10 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{64}{100}} + 0,8 \right)} \quad c =$$

$$= \frac{4 - \sqrt{16 - 20 \cdot (0,2 + 0,8)}}{10 \cdot (0,2 + 0,8)} \quad c = \frac{4 - \sqrt{4}}{10} \quad c$$

$D < 0 \Rightarrow$ никогда не рохлет

Отв.: 1) $T \in \emptyset$



2) В с.о. ленты, в конце остановится, в начале скорость отн. ленты $V_0 - u > 0$

3) Силы те же, что и в п.1

чр. движ. в с.о. ленты

$$S_1 \quad a = \frac{(V_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{4}{20} \text{ м} = 0,2 \text{ м}$$

Отв.: 2) 0,2 м

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

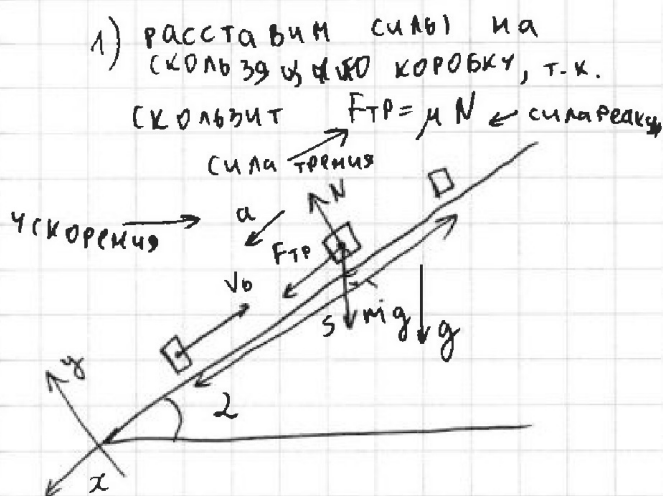
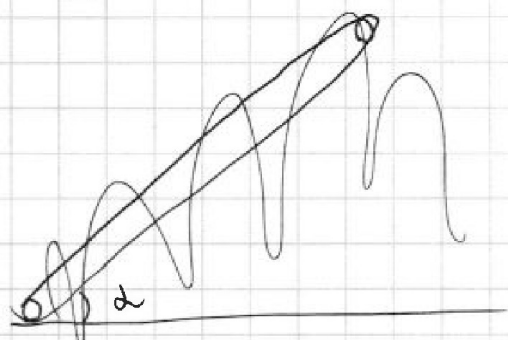
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

T-1

m — масса коробки



2) II 3-й Ньютона

$$Oy: N = mg \cos \alpha \quad (F_{тр} = \mu mg \cos \alpha)$$

$$Ox: ma = F_{тр} + mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

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

3) ~~чре движения на Ox:~~ 3)

~~$$S = \frac{v_0^2}{2a}$$~~

3) ~~закон сохр. энергии изменение кин. энергии~~

~~$$\frac{mv_0^2}{2} - \mu mg \cos \alpha S = \frac{mv_k^2}{2} + mg S \sin \alpha$$~~

~~$$v_0^2 - 2\mu g \cos \alpha S = v_k^2 + 2g S \sin \alpha$$~~

4) чре движения на Ox

$$S = v_0 T - \frac{a T^2}{2} = v_0 T - \frac{T^2}{2} \cdot g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$\frac{T^2}{2} g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - v_0 T + S = 0$$

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

~~$$v_k^2 = v_0^2 + 2gS$$~~

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!

3) в с.о. ленты, если в с.о. земли $V_k = 0$, то в с.о. ленты $V_k' = -u$, перемещение S

кон.ск.

$$S = \frac{u^2 - (V_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{4 - 4}{2 \cdot 10} = 0 \text{ м}$$

с.о. ленты

Закон сохр. энергии изменение кин. энергии

$$\frac{m V_0^2}{2} - \mu m g \cos \alpha \frac{H}{\sin \alpha} = m g H$$

$$V_0^2 - 2 \mu g \frac{H}{\sin \alpha} = g H$$

$$H \left(g + \mu g \left(\frac{2 \mu \cos \alpha}{\sin \alpha} + 1 \right) \right) = V_0^2$$

$$H = \frac{V_0^2}{g \left(\frac{2 \mu \cos \alpha}{\sin \alpha} + 1 \right)} =$$

отн. ленты
лента сместилась

$$L = S_1 + S_0$$

$$S_0 = u t = 0,4 \text{ м}$$

$$t = \frac{V_0 - u}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,2 \text{ с}$$

$$S_{\text{общ}} = \frac{(V_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} + \frac{u(V_0 - u)}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,6 \text{ м}$$

3) Если в с.о. земли $V_k = 0$, то в с.о. ленты $V_k' = -u$

S_1' — перем. отн. ленты

$$S_1' = \frac{u^2 - (V_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0 \text{ м}$$

S_0' — перем. ленты

$$S_0' = u t = \frac{u V_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{2 \cdot 2}{10 - 1} = 0,4 \text{ м}$$

$$-u = V_0 - u - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t$$

$$t = \frac{V_0 - u - V_0 + u}{-g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{V_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$



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!

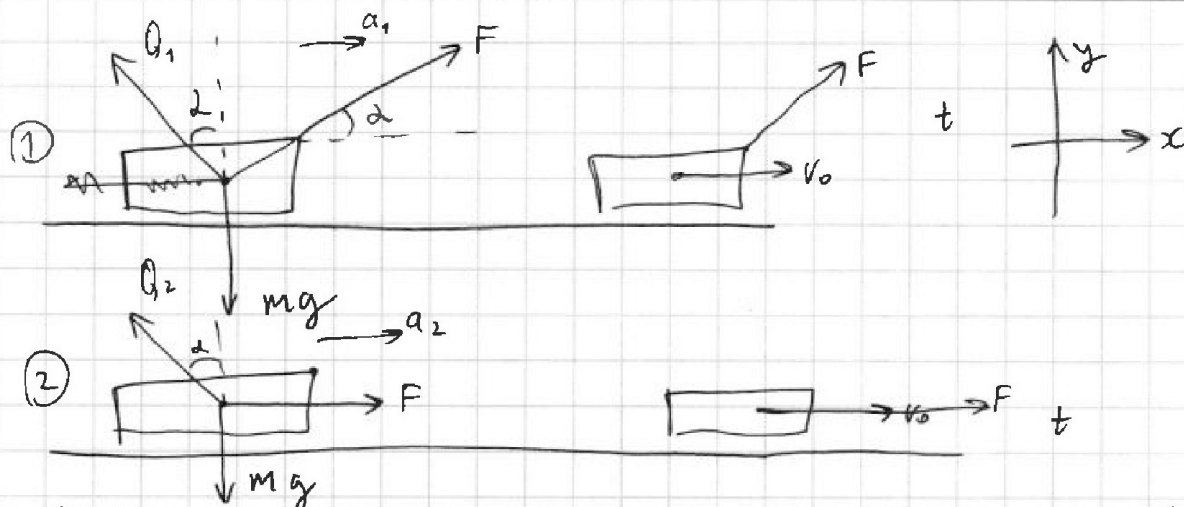
$$\frac{H}{\sin \alpha} = S_0' + S_1'$$

$$H = (S_0' + S_1') \sin \alpha = 0,4 \cdot 0,8 \text{ м} = 0,32 \text{ м}$$

$$\text{Dmb: : 3) } H = \left(\frac{u^2 - (V_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} + \frac{uV_0}{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)g} \right) \sin \alpha = 0,32 \text{ м}$$

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!



расставим силы на скользящие гайки, по этому $N_1 = Q_1 \sin \lambda$

$F_{тр} = \mu N$ ← сила реакции,
сила трения

им соответс^т $F_{тр1}, N_1$ $F_{тр2}, N_2$

таким образом, полмжл сила реакции Q_1 и Q_2
направлена под $\lambda = \arctg(\mu)$ к вертикали

II 3-я Ньютана

$$Q_1 = F_{тр1} \sin \lambda$$

$$Q_2 = F_{тр2} \sin \lambda$$

① $O_y: N_1 + F \sin \lambda = mg$

$O_x: ma_1 = F \cos \lambda - F_{тр1} = F \cos \lambda - \mu N_1$

② $O_y: N_2 = mg$

$O_x: ma_2 = F - F_{тр2} = F - \mu mg$

т.к. время одинаковое $\left(t = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{a_2} \right) \Rightarrow a_1 = a_2 = a$

$$ma = F \cos \lambda - \mu(mg - F \sin \lambda)$$

$$ma = F - \mu mg$$

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

$$F = F \cos \lambda + \mu F \sin \lambda \quad 1 = \cos \lambda + \mu \sin \lambda$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

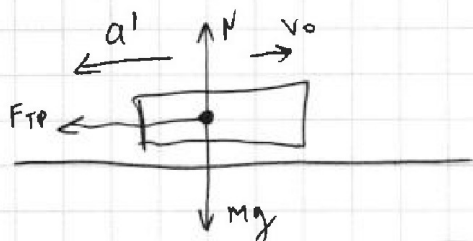
МФТИ

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

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

$\sin \alpha \neq 0 \quad \alpha \neq 0^\circ$

2) силы, когда F перестало



$$ma' = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

$$N = mg$$

$$a' = \mu g$$

ч.р. В. В. ж.

Отв.: 2) $T = \frac{V_0}{\mu g}$

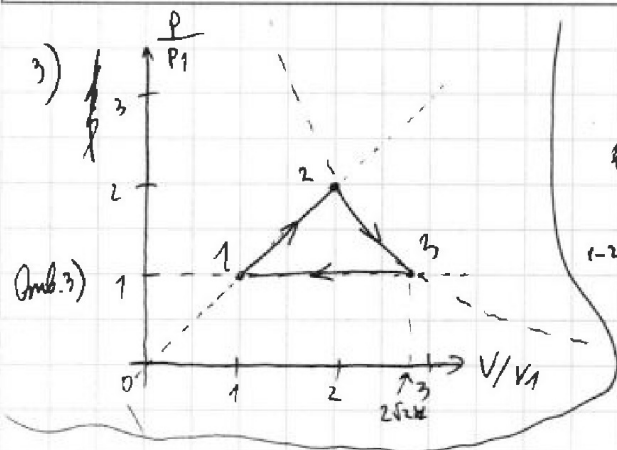
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



т.к. на каждом участке $C = \text{const}$

1 начало термодинамики

$$\Delta A_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + A_{12}'$$

ΔT_{12} - к любой точке на промежутке

$$\Delta A_{12}' = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}'$$

$$\Delta A_{12}' = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}'$$

линейно

сиром то 2 точки

УР-е состояния

$$pV = \nu RT$$

$$\Delta pV + V \Delta p + p \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$A_{12}' = p_1 V_1 - k \cdot x$$

$$pV = \nu RT$$

УР-е состояния

УР-е состояния

$$pV = \nu RT$$

если допустить ось $\left(\frac{C}{R}\right)$ и ось $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ на νR

$$\nu C(\nu RT) \rightarrow \nu C(pV) \rightarrow \nu C(pV)$$

на каждом участке $pV = \text{const}$

УР-е сост.

продолж. тр. сост

$$\int_{p_1}^p p \Delta V =$$

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

2-3 1 начало термодинамики

(обозначения аналогичны)

$$\nu C_{23} \Delta T_{23}' = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}' + A_{23}'$$

$$\Delta A_{23}' = -\nu R \Delta T_{23}'$$

3-1

$$\nu C_{31} \Delta T_{31}' = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31}' + A_{31}'$$

$$\Delta A_{31}' = \nu R \Delta T_{31}'$$

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) Записан 1 начало термодинамики $m, 1-2, 2-3, 3-1$ $v = 1 \text{ моль}$

$$v C_{12} \Delta T_{12} = \frac{3}{2} v R \Delta T_{12} + A_{12} \quad \text{из графика} \quad \Delta T_{12} = 3 T_1$$

из графика

$$\begin{aligned} C_{12} &= 2R \\ C_{13} &= 0,5R \\ C_{23} &= 2,5R \end{aligned}$$

$$A_{12} = v 2R \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} v R \cdot 3T_1 = v R \cdot 3T_1 \left(2 - \frac{3}{2}\right)$$

$$A_{12} = \cancel{v R 3T_1} - \frac{3}{2} v R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \text{ Дж}$$

$$A_{12} = 3 \cdot 2 \cdot 831 = 3 \cdot 1662 = 4986 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 1662 \\ \cdot 3 \\ \hline 4986 \end{array}$$

Отв.: 1) $A_{12} = \frac{3}{2} v R T_1 = 4986 \text{ Дж}$

2) $\eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1}$ Q_1 — газ получил $\Delta T > 0$ $|Q_2|$ — газ отдал $\Delta T < 0$

$$Q_1 = v C_{12} 3T_1 = 2 v R T_1 \cdot 3$$

$$Q_2 = - \left(v C_{23} (4T_1 - 2^{\frac{3}{2}} T_1) + v C_{13} (2^{\frac{3}{2}} T_1 - T_1) \right)$$

$$Q_2 = - \left(v 0,5R \cdot 4T_1 - v 0,5R \cdot 2^{\frac{3}{2}} T_1 + v \frac{5}{2} R \cdot 2^{\frac{3}{2}} T_1 - v \frac{5}{2} R T_1 \right)$$

$$Q_2 = - v R T_1 \left(2 - 2^{-1} \cdot 2^{\frac{3}{2}} + 5 \cdot 2^{-1} \cdot 2^{\frac{3}{2}} - \frac{5}{2} \right) = - v R T_1 \left(\frac{1}{2} - 2^{\frac{1}{2}} + 5 \cdot 2^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$Q_2 = - v R T_1 \left(\frac{1}{2} + 2\sqrt{2} \right) - v R T_1 \left(\frac{1}{2} + 4\sqrt{2} \right)$$

$$Q_2 = - v R T_1 \left(4\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) - v R T_1 \cdot \left(-\frac{1}{2} + 2^2 \cdot 2^{-1} \cdot 2^{\frac{3}{2}} \right) = - v R T_1 \left(\frac{1}{2} + 2\sqrt{2} \right)$$

$$\eta = \frac{6 v R T_1 + (4\sqrt{2} - \frac{1}{2}) v R T_1}{6 v R T_1} = \frac{\frac{11}{2} - 4\sqrt{2}}{6} = \frac{11}{12} - \frac{2}{3} \sqrt{2}$$

$$1 - \frac{\sqrt{2}}{3} + \frac{1}{12}$$

$$\eta = \frac{11}{12} - \frac{2}{3} \sqrt{2} = \frac{11}{12} - \frac{2}{3} \sqrt{2}$$

Отв.: 2) $\eta = \frac{11}{12} - \frac{2}{3} \sqrt{2}$

Отв.: 2) $\eta = \frac{11}{12} - \frac{2}{3} \sqrt{2}$

Отв.: 2) $\eta = \frac{11}{12} - \frac{2}{3} \sqrt{2}$



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!

$$\ln \frac{V_3}{V_2} = \ln \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{p_2 V_2}{T_3 \cdot \cancel{p_2 V_2}} \cdot \frac{T_2 \cancel{V_2}}{p_2 V_2}$$

$$V_3 = \sqrt{V_2 T_2 \cancel{V_2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_2}}$$

для участка 1-2

$$p_2 = V_3 \cdot T_3 \cdot \cancel{V_2} \cdot \frac{1}{V_2^2}$$

$$p_2 = V_2 T_2 \cancel{V_2} \cdot \frac{1}{V_2^2}$$

$$p = V_3 \cdot T_1 \cdot \cancel{V_2} \cdot \frac{1}{V_2^2}$$

2-3

$$p = \cancel{V_2} \cdot \cancel{V_2} \cdot T_2 \cdot \cancel{V_2} \cdot \frac{1}{V_2^2} = V_2 \cdot T_2 \cdot \cancel{V_2} \cdot \frac{1}{V_2}$$

3-1

$$p = \text{const}$$

1-2 ————— 2-3 ————— сравнить ————— точка

точка 2:

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 = \nu R \cdot 4 T_1$$

УР. СОСТ.

точка 1:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 =$$

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

→ отношение площадей
точка 3

на прямой из 0 $\Rightarrow \left(\frac{p}{p_1} \cdot \frac{V}{V_1} \right) = (2)^2$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3 = \nu R T_1 \cdot 2^{\frac{3}{2}} \cdot 2^{\frac{3}{2}}$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} = 2^{\frac{3}{2}}$$

→ отношение
площадей

$$\downarrow p_3 = p_1$$

$$V_3 = 2^{\frac{3}{2}} V_1 = 2\sqrt{2} V_1 \approx 3.8 V_1$$

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!

$$\Delta A_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$\Delta A_{23} = -\nu R \Delta T_{23}$$

$$\Delta A_{31} = \nu R \Delta T_{31}$$

$$\Delta A = p \Delta V$$

$$pV = \nu RT$$

разделим на ν каждого

$$\frac{1}{V} = \frac{p}{\nu R \cdot T}$$

$$\frac{\Delta V_{12}}{V_{12}} = \frac{1}{2} \frac{\Delta T_{12}}{T_{12}}$$

$$\frac{\Delta V_{31}}{V_{31}} = \frac{\Delta T_{31}}{T}$$

$$\frac{\Delta V_{23}}{V_{23}} = -\frac{\Delta T_{23}}{T_{23}}$$

$$\frac{dV_{12}}{V_{12}} = \frac{1}{2} \frac{dT_{12}}{T_{12}}$$

$$\frac{dV_{31}}{V_{31}} = \frac{dT_{31}}{T_{31}}$$

$$\int_{V_1}^{V_2} \frac{dV_{12}}{V_{12}} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{2} \frac{dT_{12}}{T_{12}}$$

$$\int_{V_3}^{V_1} \frac{dV_{31}}{V_{31}} = \int_{T_3}^{T_1} \frac{dT_{31}}{T_{31}}$$

$$\int_{V_2}^{V_3} \frac{dV_{23}}{V_{23}} = - \int_{T_2}^{T_3} \frac{dT_{23}}{T_{23}}$$

$$\ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2} \ln \frac{T_2}{T_1}$$

интегрируем

$$\ln \frac{V_3}{V_1} = \ln \frac{T_1}{T_3}$$

$$\ln \frac{V_3}{V_2} = \ln \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{T_1^{\frac{1}{2}}} \cdot T_2^{\frac{1}{2}} = \frac{V_1}{T_1^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{p_2 V_2}{(\nu R)^{\frac{1}{2}}}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{T_1^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{p_2^{\frac{1}{2}} V_2^{\frac{1}{2}}}{(\nu R)^{\frac{1}{2}}}$$

$$V_2^2 = \frac{V_1^2}{T_1 \cdot \nu R} p_2 \cdot V_2$$

$$1 = \frac{V_1^{\frac{1}{2}}}{T_1^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{1}{(\nu R)^{\frac{1}{2}}} p_2^{\frac{1}{2}} \cdot V_2^{\frac{1}{2}}$$

$$V_2 = \frac{V_1^{\frac{1}{2}}}{T_1 \cdot \nu R} \cdot p_2$$

$p_2 \sim V_2$
линейно

$$p_2 = \frac{1}{\nu R} \sqrt{\frac{1}{V_1^2 \cdot V_2}}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{\nu R T_1}{V_1} \sqrt{\frac{1}{V_2}}$$

$$p_2 = V_2 \cdot \frac{T_1 \nu R}{V_1^2}$$

на участке 1-2

участок 1-2

$$p_2 \sim \sqrt{\frac{1}{V_2}}$$

а т.е.

p_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

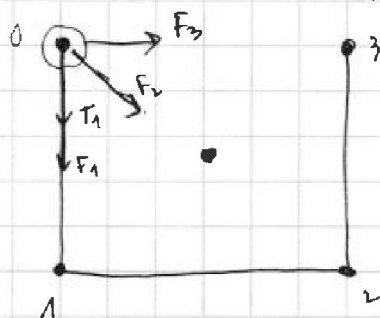
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



посчитаем из м. ~~потенц.~~ энергии, выбрав 0 в ц. м.

$$\frac{mv^2}{2} = \int_{y_1}^{y_2} F_1 \cdot dr + \int_{y_2}^{y_3} F_2 \cdot dr + \int_{y_3}^{y_4} F_3 \cdot dr$$

суммарная сила



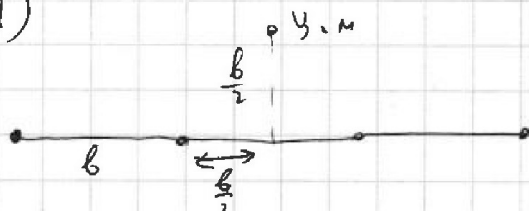
$$dr \cdot F = \frac{kq^2}{r^2} dr \quad dr \cdot F = \frac{kq^2}{r^2} dr$$

$$F = \frac{kq^2}{r^3} \quad \int dr \cdot F = \int \frac{kq^2}{r^3} dr = -\frac{kq^2}{2r^2}$$

разобьём на 2 движения т. к.

сила потенциальна, и не изменяется

1)



2)



от поворота ничего не меняется

сила натяжения работу не совершает

$$\int_{y_1}^{y_2} F \cdot dr = kq^2 \int_{y_1}^{y_2} \frac{dr}{r^2} = -kq^2 \frac{1}{r} = \frac{kq^2}{r}$$

$$= \frac{kq^2}{y_2} - \frac{kq^2}{y_1}$$

считаем для каждой силы и получаем

$$\frac{mv^2}{2} = kq^2 \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{b} \right) + kq^2 \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{3b} \right) + kq^2 \left(\frac{1}{\sqrt{2}b} - \frac{1}{2b} \right)$$

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

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kq^2}{b} \left(\frac{6\sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 6 - 3\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{b} \frac{\sqrt{2} + 6}{6\sqrt{2}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

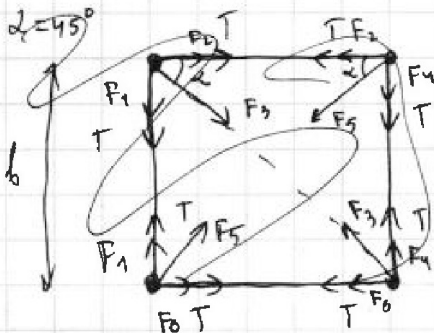
МФТИ

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



3)

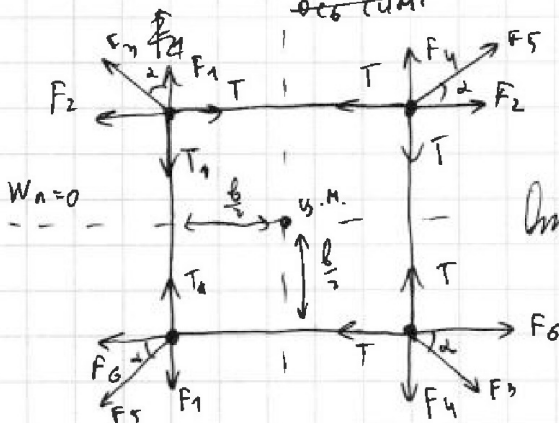
из симметрии силы натяжения одинаковы, ~~отт. от симм.~~



$$\begin{cases} F_1 = F_2 = F_4 = F_6 = k \frac{q^2}{b^2} \\ F_3 = F_5 = k \frac{q^2}{2b^2} \end{cases}$$

3-и Кулона

II 3-и Ньютона на 1 из зарядов (из симметрии, все одинаковы)



$$T = F_4 + \frac{F_3}{\sqrt{2}} = k \frac{q^2}{b^2} + \frac{k q^2}{\sqrt{2} \cdot 2 b^2}$$

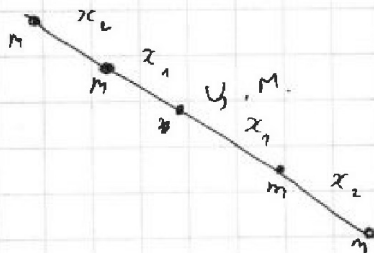
$$\text{итог: } T = \frac{k q^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$

2) рассмотрим силы на систему $\sum F = 0$ по ч

поле пережёт $\Rightarrow$ центр масс неподвижен на $\frac{b}{2}$
погор. и по вертик. от всех

по т.
о движ. ц.м.,

вариант на хорзот на прямой в случае



$$2(x_1 + x_2) = \frac{3}{2} b \quad x_1 + x_2 = \frac{3}{4} b$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

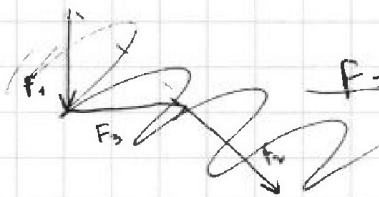
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$V^2 = \frac{1}{m} \frac{kq^2}{b} \frac{\sqrt{2} + 6}{3\sqrt{2}}$$

$$V = q \sqrt{\frac{k}{mb}} \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{2} + 6}{3\sqrt{2}}}$$

Омб.: 2) $V = q \sqrt{\frac{k}{mb}} \sqrt{\frac{\sqrt{2} + 6}{3\sqrt{2}}}$

3) ~~верен~~ суммарно силы от 1 2 3 в начале энергии в начале



$$F = 2 \cdot \frac{kq^2}{r^2 2b^2} = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$W_1 = 2k \frac{q^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b}$$

$$d^2 = \left(\frac{3b}{2} - \frac{b}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 = b^2 + \frac{b^2}{4} = \frac{5b^2}{4}$$

Омб.: 3) $d = \frac{\sqrt{5}}{2} b$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

