

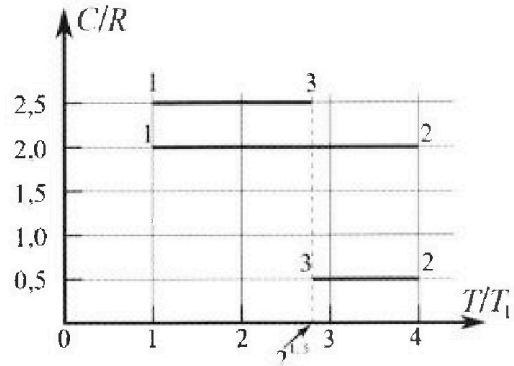
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



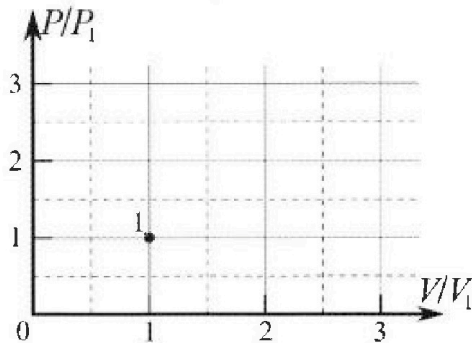
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



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

2) Найдите КПД η цикла.

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



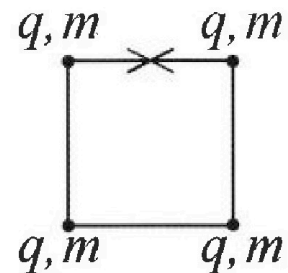
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

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

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



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



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01



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

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

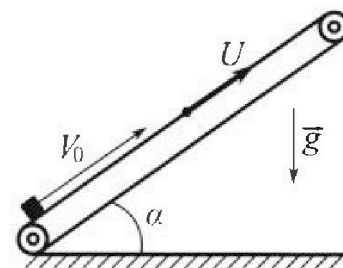
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

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

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

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



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

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

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

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

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

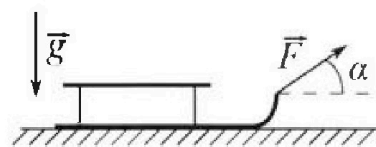
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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

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

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

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

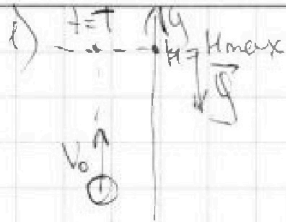


1. Задача:

$$T = 2a(H = H_{\max})$$

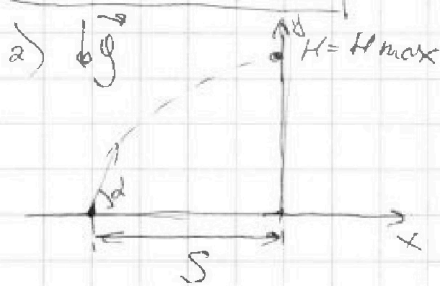
1) $V_0 = ?$

2) $S = 20 \text{ м}$
 $H_{\max} = ?$



В точке $H = H_{\max}$ $v = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \varphi = \frac{v_x - v_0}{g} \Rightarrow (\text{т.к. } v_x = 0) \Rightarrow$
 $\Rightarrow v_0 = -gT \Rightarrow v_0 = 20 \text{ м/с}$

Ответ: $V_0 = 20 \text{ м/с}$



Пусть максимальная высота удара

достигается при угле α .

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

$$H_{\max} = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cdot \cos \alpha} - \frac{g \cdot S^2}{2 v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} =$$

$$= S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{S}{\cos^2 \alpha} \left(\sin \alpha \cdot \cos \alpha - \frac{g S}{2 v_0^2} \right) =$$

$$= \frac{20}{\cos^2 \alpha} \left(\sin \alpha \cdot \cos \alpha - \frac{10 \cdot 20}{2 \cdot 400} \right) = \frac{5}{\cos^2 \alpha} \left(4 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha - 1 \right) =$$

$$= \frac{5}{\cos^2 \alpha} \left(4 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha \right) = - \frac{5}{\cos^2 \alpha} \left((\sin \alpha - \cos \alpha)^2 - 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_{\max} = -5 \cdot \left(\frac{(\sin \alpha - \cos \alpha)^2 - 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) (*)$$

при $H_{\max} \rightarrow \infty \Leftrightarrow (*) \rightarrow -\infty$

$$\frac{(\sin \alpha - \cos \alpha)^2 - 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{\cos^2 \alpha} = \left(\frac{\sin \alpha - \cos \alpha}{\cos \alpha} \right)^2 - 2 \cdot \tan \alpha = (\tan \alpha - 1)^2 - 2 \cdot \tan \alpha =$$

$= \tan^2 \alpha - 4 \tan \alpha + 1$ (парабола; наименьшее значение имеет
замена $\tan \alpha$ вершине при $\tan \alpha = \frac{-(-4)}{2 \cdot 1} = 2 \Rightarrow (*)_{\min} = -3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow H_{\max} = -5 \cdot (-3) = 15 \text{ м.}$$

Ответ: $H_{\max} = 15 \text{ м}$



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!

1) Дано:

$$\mu = \frac{1}{3}; \sin \alpha = 0,8$$

$$V_0 = 4 \text{ м/с}; u = 0$$

$$S = 1 \text{ м}$$

$$T = ?$$

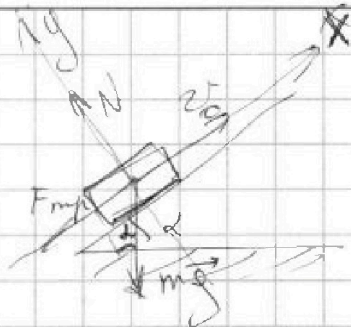
II З.Н:

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

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

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

$$= mg (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) =$$



$$\Rightarrow a = g (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) = g \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right) = g$$

Пусть S_1 - путь, который пройдет тело по наклонной плоскости:

$$S_1 = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2g} \Rightarrow S_1 = \frac{16}{2g} = \frac{4}{5} \text{ м}; t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{2}{5} \text{ с.}$$

Тогда $S_2 = S - S_1 = \frac{1}{5} \text{ м}$; t_2 - время, которое тело пройдет по горизонтальной поверхности S_2 со скоростью v_k .

$$S_2 = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2g} \Rightarrow v_k = \sqrt{2gS_2}$$

$$v_k = a t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{v_k}{a} = \sqrt{\frac{2gS_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{1}{5}}{10}} = \frac{1}{10} \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 = \frac{2}{5} + \frac{1}{10} = \frac{1}{2} \text{ с.} \quad \text{Ответ: } (T = \frac{1}{2} \text{ с})$$

2) Дано:

$$u = 2 \text{ м/с}; V_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$v_k = u = 2 \text{ м/с}$$

$$L = ?$$

скорость коробки относительно наблюдателя: $v_k = v_{\text{сид}} + u \Rightarrow$ из $v_k = u$ следует: $v_{\text{сид}} = 0$, т.е. относительно системы коробка останется в том же месте и

ускорение коробки останется таким же, как в первом опыте $\Rightarrow t_{\text{остановки}} = t_1 = \frac{2}{5} \text{ с.}$

$$L = L_1 + L_2 = \frac{v_0 v_{\text{сид}} t}{2} + ut = \left(\frac{v_0 v_{\text{сид}}}{2} + u \right) t = (2 + 2) \cdot \frac{2}{5} = \frac{8}{5} \text{ м}$$

(коробка 50 см)
(центр 30 см)
(центры 50 см)

Ответ: $(L = \frac{8}{5} \text{ м})$

3) скорость коробки в лабораторной системе отсчета станет равной нулю при $v_{\text{сид}} = -u = -2 \text{ м/с}$. Это произойдет после того, как коробка пройдет вниз.

$$v_k = a t_k \Rightarrow t_k = \frac{v_k}{a} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$$

$$S_2 = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2g} \Rightarrow t_k = \frac{1}{5} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

$$H_k = H_{\text{max}} - (H_{\text{max}}(s_2)) = S \cdot \sin \alpha - S_2 \cdot \sin \alpha =$$

$$= (S - S_2) \cdot \sin \alpha = \frac{3}{5} \cdot 0,8 = 0,48 \text{ м. (оптимально)}$$

$$H = H_k + H_1 = 0,48 + u(t_1 + t_k) \cdot \sin \alpha = 0,48 + 0,96 = 1,44 \text{ м. (лучше)}$$

Ответ: $(H = 1,44 \text{ м})$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

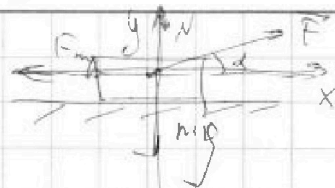
МФТИ

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



13) Дано:
 v_0, α
 $F = \text{const}$
 $t = \text{const}$
 а) $v = ?$
 б) $T_{\text{осм}} = ?$

1. Силы II з.Н.
 $N + F \cdot \sin \alpha = mg \Rightarrow$
 $\Rightarrow N = mg - F \cdot \sin \alpha$



$ma = F \cdot \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = F \cdot \cos \alpha - \mu mg + \mu F \cdot \sin \alpha \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = \frac{F(\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu mg}{m} \Rightarrow$
 $\Rightarrow v_0 = \frac{F(\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu mg}{m} t_{\text{разгон}}$

2. Силы $N = mg$
 $ma = F - F_{\text{тр}2} = F - \mu mg \Rightarrow a = \frac{F - \mu mg}{m} \Rightarrow v_0 = \frac{F - \mu mg}{m} t_{\text{разгон}}$

Сравнивая, $\frac{F(\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu mg}{m} t_{\text{разгон}} = \frac{F - \mu mg}{m} t_{\text{разгон}} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$. Ответ: $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

б) после прекращения силы: $ma = F_{\text{тр}2} \Rightarrow a = \mu g$

$v_k = 0 = v_0 - a t_{\text{осм}} \Rightarrow t_{\text{осм}} = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$

Ответ: $T = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$

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!



4) Дано: 1-2-3-1

$\eta = 1$ моль; $i = 3$

$T_1 = 400 \text{ K}$

$R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$

$$C_{12} = 2,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$$

$$C_{12} = 2,0 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$$

$$C_{23} = 0,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$$

$$T_2 = 4 T_1$$

$$T_3 = 2\sqrt{2} T_1$$

1) $A_{12} = ?$

2) $\eta = ?$

3) график процесса

в координатах (P, V)

$$A_{12} = \Delta Q_{12} - \Delta U_{12}$$

$$C_{12} = \frac{\Delta Q_{12}}{\eta T_1} \Rightarrow \Delta Q_{12} = C_{12} (T_2 - T_1) > 0$$

$$A_{12} = \left(C_{12} - \frac{3}{2} k \right) (T_2 - T_1) =$$

$$= (-0,07) \cdot 3 \cdot 400 = -84 \text{ Дж} < 0$$

Ответ: $A_{12} = -84 \text{ Дж}$

2) $\eta = ?$

$$\Delta Q_{23} = C_{23} (T_3 - T_2) < 0$$

$$\Delta Q_{31} = C_{31} (T_1 - T_3) < 0$$

$$A_{23} = \left(C_{23} - \frac{3}{2} k \right) (T_3 - T_2) > 0$$

$$A_{31} = \left(C_{31} - \frac{3}{2} k \right) (T_1 - T_3) < 0$$

$$\eta = \frac{A_{23}}{Q_{12}} = \frac{\left(C_{23} - \frac{3}{2} k \right) (2\sqrt{2} - 4)}{C_{12} (4 - 1)} = \frac{-1,57 \cdot 2\sqrt{2} (1 - \sqrt{2})}{2 \cdot 3}$$

$$= \frac{1,57 \cdot 2\sqrt{2} \cdot (\sqrt{2} - 1)}{6}$$

Ответ: $\eta = \frac{1,57 \cdot 2\sqrt{2} \cdot (\sqrt{2} - 1)}{6}$

3)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



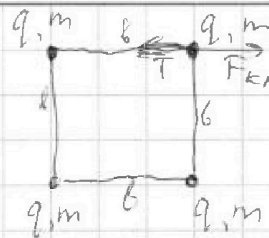
1 2 3 4 5 6 7



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

25) Дано:
 m, q, b
 1б) $T = ?$
 2б) $V = ?$
 3б) $d = ?$

к/о II з. н:
 $T = F_{к1} = k \frac{q^2}{b^2}$
 $E_{потенциал} = \frac{4kq^2}{b} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}b} =$
 $= \frac{kq^2}{b} \left(\frac{4\sqrt{2}+2}{\sqrt{2}} \right)$



при перемещении одной пары зарядов ~~элементарно~~ когда заряды расходятся, вдоль одной из сторон:

~~$E_{пот} = \frac{3kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{6b} = \frac{11kq^2}{6b}$~~
 ~~$(E_{пот} = \frac{3kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} = \frac{11kq^2}{6b})$~~
 $\Delta E_{пот} = E_k \Rightarrow E_{пот1} - E_{пот2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{kq^2}{b} \left(\frac{4\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \right) - \frac{11kq^2}{6b}}{m}}$
 ~~$\frac{kq^2(2\sqrt{2}+1)}{b} - \frac{kq^2(4+\sqrt{2}-\frac{11}{3})}{b} = \frac{kq^2}{b} \left(4+\sqrt{2} - \frac{11}{3} \right)$~~

Ответ: $v = \sqrt{\frac{kq^2}{6m} \left(4+\sqrt{2} - \frac{11}{3} \right)}$

3б)

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!

4) Дано: 1-2-3-1.

$\gamma = 1,38$, $i = 3$

$T_1 = 400 \text{ K}$

$R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$

16) $A_{12} = ?$

26) $\eta = ?$

36) график процесса

в координатах (p, V)

$$C_{13} = 2,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$$

$$C_{12} = 2,0 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$$

$$C_{23} = 0,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$$

$$T_2 = 4T_1$$

$$T_3 = 2\sqrt{2}T_1$$

$$A_{12} = \Delta Q_{12} - \Delta U_{12} \text{ (I начало термодинамики)}$$

$$C_{12} = \frac{\Delta Q_{12}}{\gamma^i \Delta T_{12}} \Rightarrow \Delta Q_{12} = C_{12}(T_1 - T_2) < 0$$

$$A_{12} = C_{12}(T_1 - T_2) - \frac{3}{2}k(T_1 - T_2) =$$

$$= (C_{12} - \frac{3}{2}k)(T_1 - T_2) = (2 - \frac{3}{2} \cdot 1,38)(-3 \cdot 400) \text{ Дж} =$$

$$= (2 - 2,07)(-1200) \text{ Дж} = 1200 \cdot 0,07 = 12 \cdot 7 = 84 \text{ Дж}$$

2) $\eta = ?$

черновик

$$\Delta Q_{23} = C_{23}(T_2 - T_3) > 0$$

$$\Delta Q_{31} = C_{31}(T_3 - T_1) > 0$$

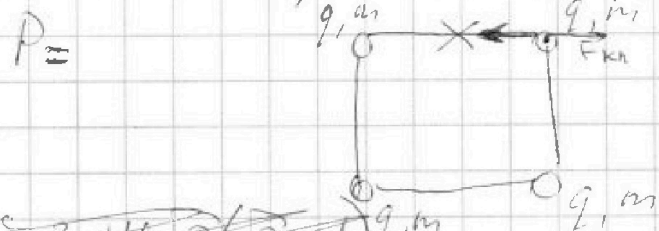
$$A_{23} = (C_{23} - \frac{3}{2}k)(T_2 - T_3) < 0 \quad A_{31} = (C_{31} - \frac{3}{2}k)(T_3 - T_1) > 0$$

$$\eta = \frac{A_{23} + A_{31}}{Q_{23} + Q_{31}} = \frac{(C_{23} - \frac{3}{2}k)(4-2\sqrt{2}) + (C_{31} - \frac{3}{2}k)(2\sqrt{2}-1)}{C_{23}(4-2\sqrt{2}) + C_{31}(2\sqrt{2}-1)}$$

$$= \frac{0,21 + 0,86\sqrt{2} - 0,43}{2 - \sqrt{2} + 5\sqrt{2} - 2,5} = \frac{0,86\sqrt{2} - 0,22}{4\sqrt{2} - 0,5}$$

$$= \frac{20,5 - 2,07}{6} = \frac{5 \text{ Дж}}{6}$$

3) 1-2: $T \uparrow$; $A < 0 \Rightarrow$ изобара



$$\frac{1,57 \cdot 4}{6} = \frac{1,57 \cdot 2\sqrt{2}}{6}$$

$$= \frac{3 \cdot 14 \cdot \sqrt{2}}{6} = \frac{7 \cdot \sqrt{2}}{1}$$

Дано: b, m, g

$$T = F_{kn} = k \frac{q^2}{b^2}$$

$$F_{пруж} = \frac{2kq^2}{b} + \frac{kq^2}{12b} = \frac{kq^2}{b} \left(\frac{2\sqrt{2} + 1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{11kq^2}{6b}$$

$$= \frac{kq^2}{6} + \frac{kq^2}{26} + \frac{kq^2}{36} = \frac{6kq^2 + 3kq^2 + 2kq^2}{66} = \frac{11kq^2}{66} = \frac{11kq^2}{6b}$$

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. Пирча QR-кода недопустима!



$$\Delta Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2}kT_1 - \frac{3}{2}kT_2 + A_{12}$$

$$C_{12} = \frac{\Delta Q}{\gamma \cdot \Delta T} = \frac{\Delta Q_{12}}{T_1 - T_2} \Rightarrow \Delta Q_{12} = C_{12}(T_1 - T_2) < 0$$

$$k = 1,38 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$\begin{aligned}
 A_{12} &= \Delta Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12}(T_1 - T_2) - \frac{3}{2}k(T_1 - T_2) = \\
 &= \left(C_{12} - \frac{3}{2}k\right)(T_1 - T_2) = \left(2 - \frac{3}{2} \cdot 1,38\right)(-3 \cdot 400) \text{ Дж} = \\
 &= (2 - 2,07) \cdot (-1200) \text{ Дж} = 1200 \cdot 0,07 = 84 \text{ Дж}
 \end{aligned}$$

в) $\eta = ?$

~~$$A_{12} + A_{23} \quad C_{23} = \frac{\Delta Q_{23}}{T_2 - T_3} \Rightarrow \Delta Q_{23} = C_{23}(T_2 - T_3) > 0$$~~

~~$$A_{23} = \left(C_{23} - \frac{3}{2}k\right)(T_2 - T_3) = (0,5 - 2,07)(400 - 2\sqrt{2} \cdot 400)$$~~

~~$$= (-1,57) \cdot (-2(400 - 400\sqrt{2})) < 0 \quad C_{31} = C_{31}(T_3 - T_1) > 0$$~~

~~$$A_{31} = \left(C_{31} - \frac{3}{2}k\right)(T_3 - T_1) = (2,5 - 2,07)(2\sqrt{2} - 1) \cdot 400 =$$~~

~~$$= 0,43 \cdot 400 \cdot (2\sqrt{2} - 1) = 172(2\sqrt{2} - 1) \text{ Дж}$$~~

~~$$\eta = \frac{A_{12} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}} \quad \eta = \frac{A_{12} + A_{31}}{Q_{23} + Q_{31}} = \frac{84 + 172(2\sqrt{2} - 1)}{172}$$~~

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{A_{12} + A_{31}}{Q_{23} + Q_{31}} = \frac{\left(C_{12} - \frac{3}{2}k\right)(T_1 - T_2) + \left(C_{31} - \frac{3}{2}k\right)(T_3 - T_1)}{C_{23}(T_2 - T_3) + C_{31}(T_3 - T_1)} = \\
 &= \frac{\left(C_{12} - \frac{3}{2}k\right)(1 - 4) + \left(C_{31} - \frac{3}{2}k\right)(2\sqrt{2} - 1)}{C_{23}(4 - 2\sqrt{2}) + C_{31}(2\sqrt{2} - 1)} = \frac{-0,07 \cdot (-3) + 0,43(2\sqrt{2} - 1)}{2 - \sqrt{2} + 2,5(2\sqrt{2} - 1)} = \\
 &= \frac{0,21 + 0,86\sqrt{2} - 0,43}{2 - \sqrt{2} + 5\sqrt{2} - 2,5} = \frac{0,86\sqrt{2} - 0,22}{4\sqrt{2} - 0,5}
 \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

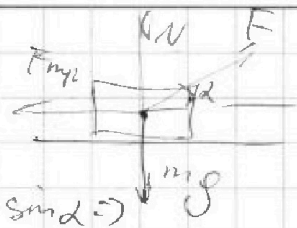
МФТИ

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



2a) 3.4:

$$N + F \cdot \sin \alpha = mg \Rightarrow N = mg - F \cdot \sin \alpha$$



$$ma = F \cdot \cos \alpha - F_{mp1} = F \cdot \cos \alpha - \mu mg + \mu F \cdot \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{F(\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu mg}{m} \Rightarrow v_0 = \frac{F(\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu mg}{m} t_p$$

2a) $N = mg$

$$ma = F \cdot \cos \alpha - F_{mp2} = F - \mu mg \Rightarrow a = \frac{F - \mu mg}{m}$$

$$v_0 = \frac{F - \mu mg}{m} t_p \Rightarrow t_p = \frac{v_0 m}{F - \mu mg}$$

$$\frac{F - \mu mg}{m} = \frac{F(\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha) - \mu mg}{m} \Rightarrow$$

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

2b) $T = ?$

$$a = \frac{F_{mp2}}{m} = \mu g$$

$$0 = v_0 - a t_{\text{ост}} \Rightarrow t_{\text{ост}} = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

4) Дано: 1-2-3-1

$$n = 1 \text{ моль}$$

$$i = 3$$

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$$

$$C_{13} = 2,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$$

$$C_{12} = 2,0 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$$

$$C_{23} = 0,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$$

$$T_2 = 4 T_1 ; T_3 = 2^{1,5} T_1 = 2\sqrt{2} T_1$$

$$1) A_{12} = ?$$

$$2) Q = ?$$

3) график в осях координат (P, V)



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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

$H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t$
 $t = \frac{S}{v_0 \cdot \cos \alpha}$
 $H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cdot \cos \alpha} = \frac{S \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} = S \cdot \tan \alpha$

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!

$$H = S \cdot \tan \alpha = \frac{S \cdot S}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$H = 20 \cdot \tan \alpha = \frac{5 \cdot 5}{800 \cdot \cos^2 \alpha} = 20 \cdot \tan \alpha = \frac{5}{\cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{5}{\cos^2 \alpha} (4 \sin \alpha \cdot \cos \alpha - 1)$$

$$\frac{5}{\cos^2 \alpha} (4 \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha) = -\frac{5}{\cos^2 \alpha} (\sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \cos^2 \alpha - 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha)$$

$$= -\frac{5}{\cos^2 \alpha} ((\sin \alpha - \cos \alpha)^2 - 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha) =$$

$$= -\frac{5}{\frac{2}{4}} \left(-2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \right) =$$



$$\sin \alpha = \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$$

$$= -2 \cdot \frac{2}{4} - 10 \cdot (-1) = 10 \text{ M}$$

$$\cancel{(\sin \alpha - \cos \alpha)^2 - 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha} \downarrow$$

$$\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha = \cos^2 \alpha - 1 = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

$$2(\sin \alpha - \cos \alpha) \cdot (\cos \alpha + \sin \alpha) + 2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha = 0$$

$$= 2(\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha) + 2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha =$$

$$= -2 \cos^2 \alpha + \sin 2\alpha \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow \sin 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha$$

$$\sin \alpha = 2 \cos \alpha \Rightarrow \sin \alpha = 2 \cdot \sin(90^\circ + \alpha) \Rightarrow$$

$$\frac{\sin \alpha}{2} = \frac{(\sin \alpha - \cos \alpha)^2 - 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{\cos^2 \alpha} \quad \uparrow \downarrow \quad \frac{(\sin \alpha - \cos \alpha)^2}{\cos^2 \alpha} - 2 \tan \alpha =$$

$$\sin \alpha = (\tan \alpha - 1)^2 - 2 \tan \alpha = \tan^2 \alpha + 1 - 2 \tan \alpha - 2 \tan \alpha = \tan^2 \alpha - 4 \tan \alpha + 1$$

$$\tan \alpha = x \Rightarrow x^2 - 4x + 1 = 0 \quad (\text{корни значения получаем})$$

$$\text{при } x = \frac{4}{2} = 2$$

$$4 - 8 + 1 = -3$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

черновик

д) Дано:

$$T = 2c (H = H_{\max})$$

1) $v_0 = ?$

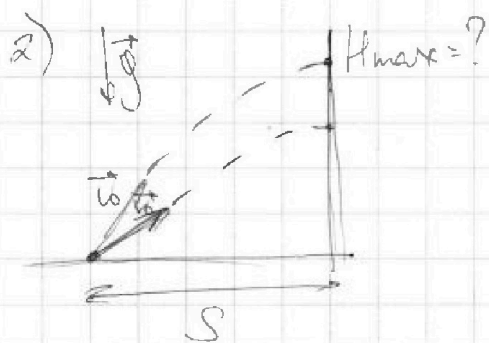
2) v_0 ; $S = 20 \text{ м}$ ($H_{\max} = ?$)

$$1) H_{\max} = \frac{v_0 + v_k}{2} t_{\text{вз}} = \frac{v_0}{2} t_{\text{вз}} \Rightarrow v_0 = 2 H_{\max} / t_{\text{вз}}$$

$$H_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0 \cdot t_{\text{вз}}}{2} \Rightarrow v_0 = g t_{\text{вз}} = 10$$

$$g = \frac{v_k - v_0}{T} \Rightarrow (\text{н.к. } v_k = 0) \Rightarrow v_0 = -gT \Rightarrow \Rightarrow v_0 = 20 \text{ м/с}$$



Пусть максимальная высота упора достигается при угле α .

$$\begin{cases} S = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_{\text{п}} \\ H_{\max} = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_{\text{п}} - \frac{g t_{\text{п}}^2}{2} \end{cases}$$

~~by too gr. time: $t_{\text{п}} = \frac{S}{v_0 \cdot \cos \alpha}$ For here, method. $H_{\max} \uparrow$~~

$$\frac{H_{\max}}{S} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{g t_{\text{п}}}{2}}{v_0 \cdot \cos \alpha} = \text{tg } \alpha - \frac{g t_{\text{п}}}{2 v_0 \cdot \cos \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_{\max} = S \left(\text{tg } \alpha - \frac{g t_{\text{п}}}{2 v_0 \cdot \cos \alpha} \right) = \frac{S}{\cos \alpha} \left(\text{tg } \alpha \sin \alpha - \frac{g t_{\text{п}}}{2 v_0} \right)$$

$$\frac{d}{d\alpha} \left(\text{tg } \alpha - \frac{g t_{\text{п}}}{2 v_0 \cdot \cos \alpha} \right) = 0$$

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!

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

$$l = l_1 + l_2 = \frac{v_0 \cos \alpha}{a} t + ut = \frac{v_0 \cos \alpha}{a} t + ut = \left(\frac{v_0 \cos \alpha}{a} + u \right) t$$

(коробки) (линия за время скольжения коробки)

$$= \frac{v_0 \cos \alpha}{2} t + ut = \left(\frac{v_0 \cos \alpha}{2} + u \right) t_{\text{всего}} = (2 + 2) \frac{2}{5} = \frac{8}{5} \text{ м}$$

$$v_k = 0 = v_{\text{нач}} - at \Rightarrow t = \frac{v_0 \cos \alpha}{a} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5} \text{ с}$$

3) скорость коробки в лабораторной системе отсчета станет равной 0 при $v_{\text{лор}} = -u = -2 \text{ м/с}$. Это произойдет в том же момент, как коробка начнет двигаться.

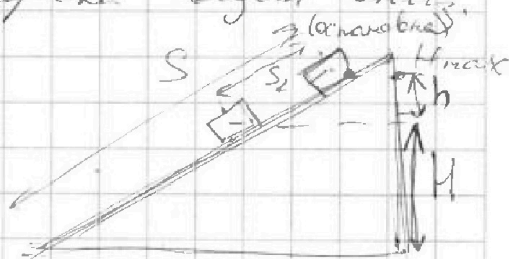
$$v_k = at \Rightarrow t = \frac{v_k}{a} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$$

$$S_2 = \frac{v_0 + v_k}{2} \cdot t = 1 \cdot \frac{1}{5} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

$$H = H_{\text{max}} - h(S_2) = S \cdot \sin \alpha - S_2 \cdot \sin \alpha =$$

$$= (S - S_2) \sin \alpha = \frac{3}{5} \cdot 0,8 = \frac{2,4}{5} = 0,6 \cdot 0,8 = 0,48$$

$$2 \cdot \left(\frac{2}{5} + \frac{1}{5} \right) \cdot 0,8 = 2 \cdot 0,48 = 0,96$$



3) v_0 ; $t_1 = t_2$ $N = mg$; $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \Rightarrow$

1) $F = \text{const}$; α $\Rightarrow ma = F \cdot \cos \alpha - F_{\text{тр}} =$

2) $F_2 = F_1$; $\alpha = 0^\circ$ $\Rightarrow a = \frac{F \cdot \cos \alpha - \mu mg}{m} \Rightarrow$

1) $v_0 = ?$

2) $T_{\text{всего}} = ?$

2) $ma = F - F_{\text{тр}} \Rightarrow a = \frac{F - \mu mg}{m} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_0 = \frac{F - \mu mg}{m} \cdot t$



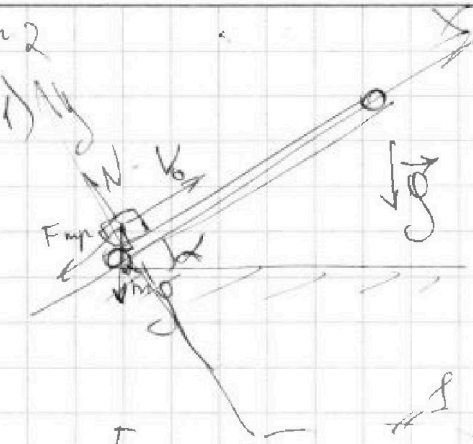
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) $\mu = \frac{1}{3}$; $\sin \alpha = 0,8$; $V_0 = 4 \text{ м/с}$; $U = 0$
 $S = 16 \text{ м}$; $T = ?$

II 3.H:
 $N = mg \cdot \cos \alpha$

$F_{\text{тр. x}} = F_{\text{тр}} + mg \cdot \sin \alpha =$

$= \mu mg \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha = mg(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)$

$a = \frac{F}{m} = g(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \Rightarrow a = g$

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

~~$\Rightarrow g(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)t^2 - 2v_0 t + 2S = 0$~~

~~$t = \frac{2v_0 \pm \sqrt{4v_0^2 - 2S \cdot 2g(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}}{2g(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 2 \cdot 16 \cdot (1/3 \cdot 0,6 + 0,8)}}{2 \cdot 10 \cdot (1/3 \cdot 0,6 + 0,8)}$~~

~~$\frac{g(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}{10 \cdot (1/3 \cdot 0,6 + 0,8)}$~~

~~$4 \pm \sqrt{16 - 20} \cdot t^2 - 8t + 2 = 0$ $5t^2 - 4t + 1 = 0$~~

$v_k = 0$: $S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2g(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}$
 $= \frac{4 - 16}{2g} = \frac{-12}{2g} = -\frac{6}{g}$ (Incorrect calculation in original)

$v_k = 0 = v_0 - at_1 = v_0 - g(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)t_1$
 $\Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5} \text{ с}$

$S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2g(\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)} \Rightarrow v_k = \sqrt{2gS} \Rightarrow v_k = at_2 \Rightarrow t_2 = \frac{v_k}{a} = \frac{\sqrt{2gS}}{g} = \frac{\sqrt{2S}}{\sqrt{g}} = \frac{\sqrt{2 \cdot 16}}{\sqrt{10}} = \frac{\sqrt{32}}{\sqrt{10}} = \frac{4\sqrt{2}}{\sqrt{10}} = \frac{4\sqrt{20}}{10} = \frac{4 \cdot 2\sqrt{5}}{10} = \frac{8\sqrt{5}}{10} = \frac{4\sqrt{5}}{5}$
 $\Rightarrow T = t_1 + t_2 = \frac{2}{5} + \frac{4\sqrt{5}}{5} = \frac{2 + 4\sqrt{5}}{5} \text{ с}$

2) $U = 2 \text{ м/с}$; $V_0 = 4 \text{ м/с}$
 $v_k = U = 2 \text{ м/с}$; $L = ?$ (from motion)

Ускорение коробки в направлении вверх
 координаты: $v_k = v_0 + at$; $v_k = U \Rightarrow$
 $\Rightarrow v_{\text{зад}} = 0$

