

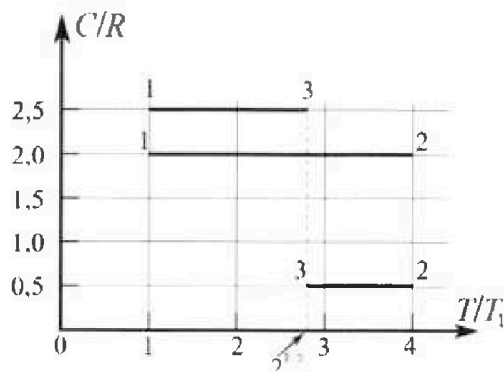
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



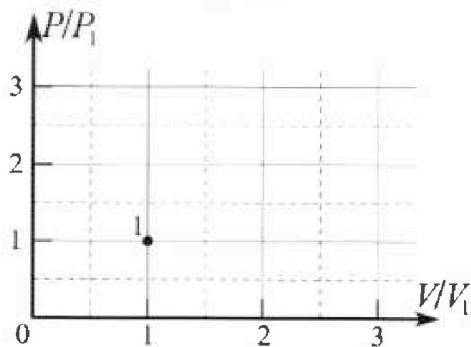
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



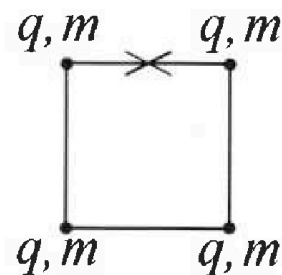
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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.

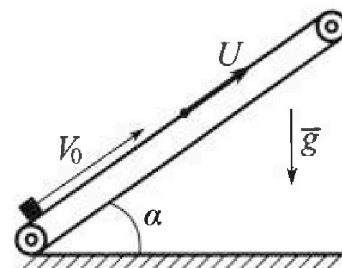
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

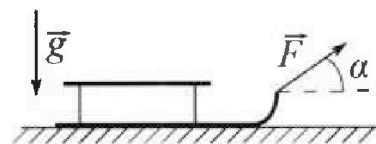
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.



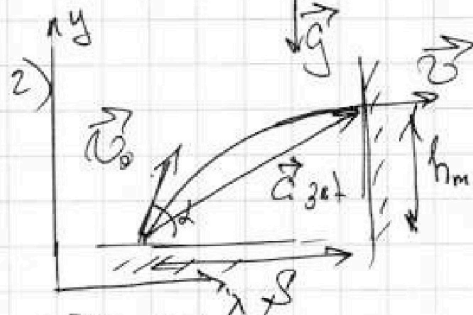
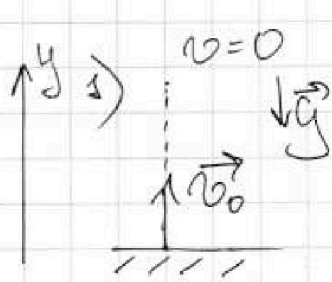


- 1 2 3 4 5 6 7

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

N1.

$T = 2c$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $S = 20 \text{ м}$



- 1) v_0 - ?
 2) h_m - ?

Для 1): $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$

1) оу: $0 = v_0 - gt \Rightarrow v_0 = gT = 10 \cdot 2 = \underline{\underline{20 \text{ м/с}}}$

Для достижения h_m необходимо, чтобы перед ударом вертикальная составляющая скорости поднялась до нуля, т.е. $\vec{v} \perp \vec{g}$

2) ох: $S = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$

3) оу: $h_m = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow h_m = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow$

4) $v_0 \sin \alpha t = gt, \text{ тогда } y=0 \Rightarrow h_m = \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (*)$

$2gS^2 = v^2 - v_0^2$

5) оу: $-2gh_m = -v_0^2 \sin^2 \alpha \Rightarrow v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh_m \quad (**)$

$(*) \pm (**): v_0^2 = \frac{gS^2}{2 \cos^2 \alpha} + 2gh_m \Rightarrow 4gh_m^2 - 2v_0^2 h_m + gS^2 = 0$

$\Rightarrow h_m = \frac{v_0^2 \pm \sqrt{v_0^4 - 4gS^2}}{4g} = \frac{20^2 \pm \sqrt{400 \cdot 400 - 4 \cdot 100 \cdot 400}}{4 \cdot 10}$

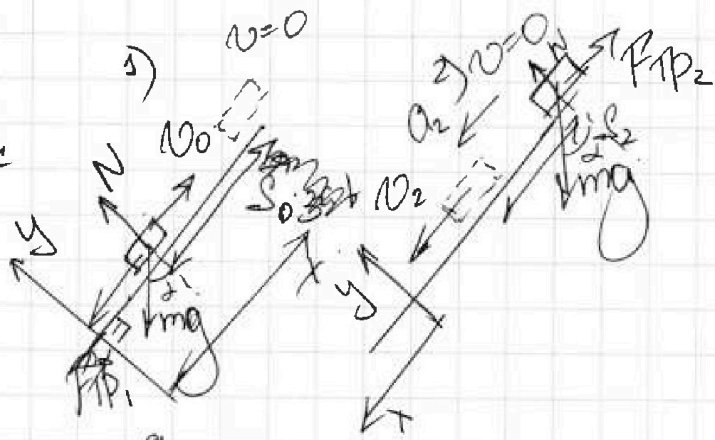
$\Rightarrow \boxed{h_m = 10 \text{ м}}, h_m = \frac{v_0^2}{4g} = \frac{gT^2}{4} = \underline{\underline{\frac{gT^2}{4}}}$

Ответ: 2) $h_m = 10 \text{ м}, 1) v_0 = 20 \text{ м/с}$

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

- N2.
 $\sin \alpha = 0,8$
 $v_0 = 4 \text{ м/с}$
 $\mu = \frac{1}{3}$
 $S = 1 \text{ м}$
 1) τ - ?
 2) u - ?
 L - ?
 3) μ - ?
 $g = 10 \text{ м/с}^2$



1. S_0 - расстояние, которое проехала коробка вдам плоскости до своей остановки.

Посмотрим, проедет ли $S = 1 \text{ м}$ до своей остановки

II 3-й закон Ньютона (для 1):

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

1) ay : $0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$, т.е. сила реакции
 есть, то $F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}2} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

2) ax : $ma_{1x} = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_1 = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) =$
 $= -g \left(\frac{8}{10} + \frac{1}{3} \cdot \frac{6}{10} \right) = -g$

$$2aS_0 = v^2 - v_0^2$$

3) ax : $-2aS_0 = 0 - v_0^2 \Rightarrow S_0 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} =$
 $= 0,8 \text{ м}$ - не хватит скорости, чтобы проехать

$S_1 = 1 \text{ м}$ до остановки. Значит, коробка развернется и поедет в другом направлении.

II 3-й закон Ньютона (для 2):

$$m\vec{a}_2 = \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}2} + m\vec{g}$$

4) ay : $0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

5) ax : $ma_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}2}$
 Пусть есть скольжение, тогда $F_{\text{тр}2} = \mu mg \cos \alpha$

$$ma_2 = mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) > 0 \Rightarrow \text{скольжение есть!}$$

т.е. $a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g \left(\frac{8}{10} - \frac{1}{3} \cdot \frac{6}{10} \right) = 0,6g$

1 2 3 4 5 6 7



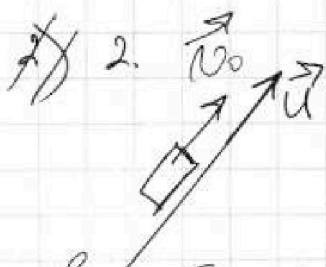
N2. Продолжение

Т.к. $S_0 < S_1$, то необходимо еще проехать $S_2 = S_1 - S_0$

$$6) \frac{S_1 - S_0}{\frac{1}{4}} = \frac{a_2 t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2(S_1 - S_0)}{0,6g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (1 - 0,8)}{0,6 \cdot 10}} = \sqrt{\frac{2}{6}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx \frac{2}{8} \approx \underline{0,25c}$$

1). Дл. 1): $v_0 = a_1 t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g} = \frac{1}{10} = \underline{0,1c}$

т.о. $T = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,25 = \underline{0,35c}$

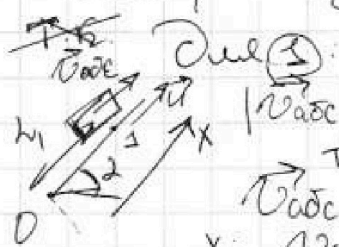


Перейдем в СО, связанную с транспортером. В ней транспортер неподвижен.

$v_{отн0} = v_0 - u$ - относительная скорость коробки по транспортеру. Эта скорость не

в лабораторной СО! Дл. перехода в ЛСО: $v_{абс} = v_{отн} + v_{пер}$. Нам просят, чтобы $|v_{абс}| = u$, а $v_{пер} = u$ - скорость транспортера.

Т.к. в задаче не сказано в какую сторону направлено $v_{абс}$, возможно 2 случая: ①



Дл. ①: $|v_{абс}| = u$

т.к. направление $v_{абс}$ сонаправлено с направлением скорости u

$v_{абс} = v_{отн} + v_{пер}$
 $x: v_{абс,x}^u = v_{отн,x} + v_{пер,x} = u \Rightarrow v_{отн,x} = 0$, т.о.

$v_{отн}$ должна быть в \perp , когда коробка проехала h_1 отн. транспортера; из полученного ранее


$a_1 = g$, т.о. $2a_1 S = v^2 - v_0^2$
 б) $0x: -2gh_1 = 0 - \omega_1^2$, где

$\omega_1 = v_0 - u = 2$ м/с - скорость, с которой движется коробка отн. к поверхности (у точки старта)

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!

№2. Продолжение т.о.



$$L_1 = \frac{(v_0 - v)^2}{2g} = \frac{(4 - 2)^2}{2 \cdot 10} = \frac{4}{2 \cdot 10} = \frac{2}{10} = \underline{\underline{0,2 \text{ м}}}$$
 (внизу т. старта)

$$\vec{v}_{\text{кас}_2} \text{ направим в другую сторону}$$

$$\vec{v}_{\text{кас}_2} = \vec{v}_{\text{кас}_2} + \vec{v}_{\text{пер}}$$

$$Ox: -\frac{1}{2}v = v_{\text{кас}_2x} + v \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{\text{кас}_2x} = -2v, \quad |v_{\text{кас}_2x}| = 2v = 4 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{кас}_2} = v_0 - v - \text{ скорость, с которой касалась движется у точки старта. Из полученного ранее } a_1 = g$$

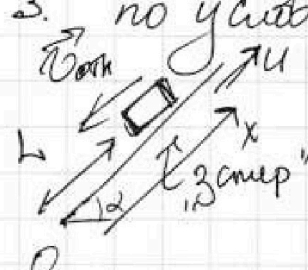
$$2L_2 = v^2 - v_0^2$$
 (Предположим, что т. старта той же $v_{\text{кас}_2} = 2v$ здесь ниже т. старта)

$$g) \text{ } OZ: 2gL_2 = v_{\text{кас}_2}^2 - v^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2gL_2 = 4v^2 - (v_0 - v)^2 \Rightarrow L_2 = \frac{4v^2 - (v_0 - v)^2}{2g}$$

$$= \frac{4 \cdot 2^2 - (4 - 2)^2}{2 \cdot 10} = \frac{16 - 4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{6}{10} = \underline{\underline{0,6 \text{ м}}}$$
 (выше т. старта)

3. по условию, $v_{\text{кас}} = 0$.



$$\vec{v}_{\text{кас}} = \vec{v}_{\text{кас}} + \vec{v}_{\text{пер}}$$

$$Ox: 0 = v_{\text{кас}_x} + v \Rightarrow$$

$$v_{\text{кас}_x} = -v, \text{ т.е.}$$

$$v = v_0 - v \Rightarrow v_{\text{кас}_x} = -v, \text{ т.е.}$$

- скорость, с которой касалась движется ств. т. старта.

Из ранее полученного, $a_1 = g$ - ускорение при движении по наклонной

$$2L_2 = v^2 - v_0^2$$

$$1) \text{ } Ox: -2gL = v_{\text{кас}}^2 - v^2 \Rightarrow L = \frac{v^2 - v_{\text{кас}}^2}{2g}$$

$$= \frac{(v_0 - v)^2 - v^2}{2g} = \frac{(4 - 2)^2 - 2^2}{2g} = 0, \text{ т.о.}$$

$$K = 0$$

Ответ: 1) $T = 0,65 \text{ с}$; 2) $L_1 = 0,2 \text{ м}$; $L_2 = 0,6 \text{ м}$; $K = 0$.

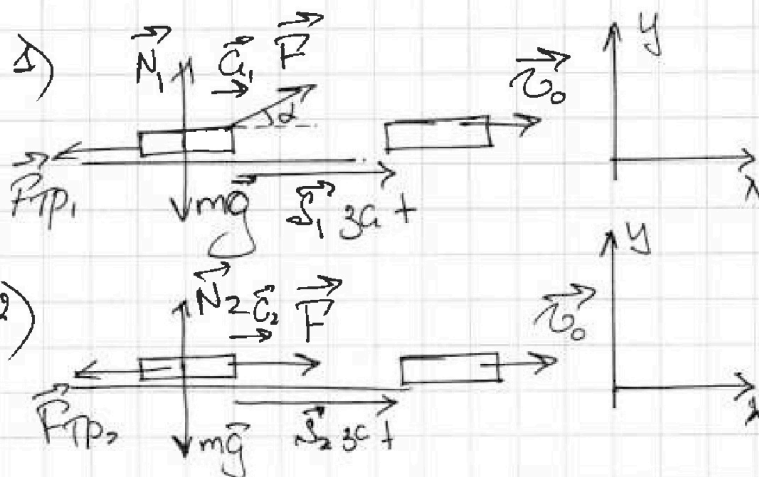


1 2 3 4 5 6 7

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

N3.
 $v_0, t_1 = t_2 = t$
 $F_1 = F_2 = F$
 μ, g

- 1) $\mu = ?$
 2) $T = ?$



II 3-й Ньютона для 1):
 $m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр1} + \vec{F}$

1) OY: $0 = -mg + N_1 + F \sin \alpha \Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha$
 2) OX: $ma_1 = F \cos \alpha - F_{тр1}$
 т.к. скользят вправо, то $F_{тр1} = F_{тр\max} = \mu N_1 = \mu(mg - F \sin \alpha)$, тогда:
 $ma_1 = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) \quad (*)$

II 3-й Ньютона для 2):
 $m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F} + \vec{F}_{тр2}$

3) OY: $0 = -mg + N_2 \Rightarrow N_2 = mg$
 4) OX: $ma_2 = F - F_{тр2}$
 т.к. скользят вправо, то $F_{тр2} = F_{тр\max} = \mu N_2 = \mu mg$,
 тогда: $ma_2 = F - \mu mg \quad (**)$

По условию тела за одно и то же время из состояния покоя разогнались до v_0 на одну и ту же высоту h_0 , тогда
 $v_0 = a_1 t \Rightarrow a_1 = a_2$
 $v_0 = a_2 t$

т.о. можно приравнять левые части выражений

$(*) \cup (**): F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = F - \mu mg \Rightarrow$

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

После на картинке остается действовать силой F , но т.к. тело скользит, то $F_{тр} = F_{тр\max} = \mu N$, $\mu = \tan \frac{\alpha}{2}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

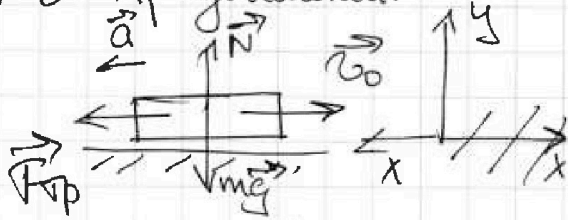
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

N3. Продолжение.



II закон Ньютона:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}$$

$$5) \text{ по } y: 0 = N - mg \Rightarrow N = mg, \quad F_{\text{тр}} = F_{\text{трmax}} = \mu N = \mu mg$$

$$6) \text{ по } x: ma = F_{\text{тр}} = \mu mg \Rightarrow a = \mu g$$

Из кинематики равноуск. движения:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$1) \text{ по } x: 0 = -v_0 + at \Rightarrow T = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{g + g^{\frac{1}{2}}}$$

$$\text{Ответ: } 1) \mu = \frac{1}{g^{\frac{1}{2}}}, \quad T = \frac{v_0}{g + g^{\frac{1}{2}}}$$



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!

$U = 1 \text{ вольт}$
 $\epsilon = \frac{3}{2} \quad \epsilon = 3$
 $T_1 = 400 \text{ К}$
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$

$\delta Q = C U dT$, где C - мольная теплоемкость, dT - малое изменение температуры
 (берем из кало дошки)

Исходно из уравнения, приведенного в условии, получим,

- 1) $U_{12} - ?$
- 2) $h - ?$
- 3) $(P/P_1, V/V_1)^{\gamma} = \dots$

$Q_{12} = C_{12} U (T_2 - T_1) \Rightarrow$
 $\Rightarrow 1) Q_{12} = 2R U (4T_1 - T_1) = 6UR T_1$

2) $Q_{12} = U_{12} + \Delta U_{12}$; $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} UR (T_2 - T_1)$
 т.к. газ одноатомный, т.о. $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} UR (4T_1 - T_1) =$
 $= \frac{9}{2} UR T_1$, тогда $U_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 6UR T_1 -$
 $= \frac{3}{2} UR T_1 \Rightarrow U_{12} = \frac{3}{2} UR T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \approx$
 $\approx 25 \cdot 200 = 5 \text{ кДж}$

3) $h = 1 - \frac{|Q_{out}|}{Q_{non}}$

4) $Q_{out} = Q_{23} + Q_{31} = \frac{R}{2} U (2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) + \frac{5}{2} UR (T_1 - 2\sqrt{2}T_1)$
 $= UR T_1 \left(\sqrt{2} - 2 + \frac{5}{2} - \frac{5}{2} \sqrt{2} \right) = UR T_1 \left(-\frac{3}{2} \sqrt{2} + \right.$
 $\cdot \left. \left(\sqrt{2} - 2 + \frac{5}{2} - 5\sqrt{2} \right) = UR T_1 \left(-4\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right)$

5) $Q_{non} = Q_{12} = 6UR T_1$
 т.о. $h = 1 - \frac{(4\sqrt{2} - \frac{1}{2})UR T_1}{6UR T_1} = 1 - \frac{8\sqrt{2} - 1}{12} = \frac{12 - 8\sqrt{2} + 1}{12} =$
 $= \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12} = \frac{13 - 11,2}{12} \approx \frac{1,8}{12} = \frac{0,3}{2} =$
 $= \frac{3}{20}$

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!

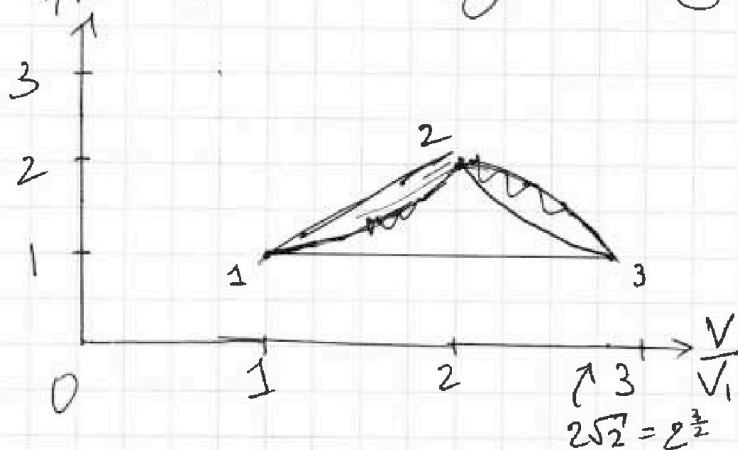
N4. Продолжиме
ур-ие Менделеева-Клапейрона для с. 1, 2, 3.
т.д.:

$$\begin{aligned} 6) \quad p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ 7) \quad p_2 V_2 &= \nu R T_2 = 4 \nu R T_1 \quad | \Rightarrow \quad p_2 V_2 = 4 p_1 V_1 \quad | \Rightarrow \\ 8) \quad p_3 V_3 &= \nu R \cdot 2\sqrt{2} T_1 \quad | \Rightarrow \quad p_3 V_3 = 2\sqrt{2} p_1 V_1 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow p_2 V_2 = \sqrt{2} p_3 V_3$$

Заметим, что процесс 1-3 (3-1) - изобарный,
т.к. $C = \frac{5}{2} = C_p = C_v + R = \frac{5}{2}R$, т.о. $p_1 = p_3$, тогда

$$V_3 = 2\sqrt{2} V_1 \quad (\text{из выше полученного}) \quad \begin{matrix} 2\sqrt{2} \approx 2,14 \approx \\ \approx 2,8 \end{matrix}$$



Рассмотрим теплоемкость: $\delta Q = c \nu dT = \delta A +$

$$+ dU \Rightarrow C = \frac{\delta A}{\nu dT} + \frac{dU}{\nu dT} = \frac{3\nu R dT}{2\nu dT} + \frac{p dV}{\nu dT} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C = \frac{3}{2}R + \frac{p dV}{\nu dT} \quad (\text{для } 2-3): C = \frac{1}{2}R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p dV}{\nu dT} = -R \Rightarrow p dV = -\nu R dT$$

$$\text{для } (1-2): C = 2R \Rightarrow \frac{R}{2} = \frac{p dV}{\nu dT} \Rightarrow 2 p dV = \nu R dT$$

$$\text{для } (1-3): C = \frac{5}{2}R \Rightarrow p dV = \nu R dT$$

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. Прогаданные
из ур-ия состояния $pV = \nu RT \Rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{pV}{pdV} = \frac{\nu RT}{\nu R dT}$, т.е. $\frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$

если ур-ие: $\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$

Дие (2-3): $\frac{pdV}{pV} = -\frac{\nu R dT}{\nu RT} \Rightarrow \frac{dV}{V} + \frac{dT}{T} = 0$

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T} \Rightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{2dV}{V} \Rightarrow \frac{p}{V} = -\frac{dp}{2dV}$$

Дие (1-2): $\frac{2pdV}{pV} = \frac{\nu R dT}{\nu RT} \Rightarrow \frac{2dV}{V} = \frac{dT}{T}$

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

~~изотермический~~

1-2: $\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T} = 0$ изотерма

перейдем к конечным приращением

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1} \Rightarrow \frac{V_2 - V_1}{V_1} = \frac{p_2 - p_1}{p_1} - 1 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_2}{p_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_1 V_2 = p_2 V_1 \quad | \Rightarrow V_2^2 p_1 p_2 = 4 p_1 p_2 V_1^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{V_2 = 2V_1}$$

2-3: $\frac{p}{V} = -\frac{dp}{2dV} \Rightarrow \frac{p_2}{V_2} = -\frac{(p_3 - p_2)}{2(V_3 - V_2)} \Rightarrow$
 $\Rightarrow 2\frac{V_3}{V_2} - 2 \Rightarrow \frac{p_3}{p_2} + 1 \Rightarrow 2\frac{V_3}{V_2} + \frac{p_3}{p_2} = 3$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

№. Продолжиме.

т.к. $V_2 = 2V_1$, то $P_2 = 2P_1$, збож выможе тсе
равенство площадей под графиками и их отно-
шении друг к другу

Ответ: 1) $A_{12} = 5 \text{ кДж}$; 2) $\eta = \frac{3}{20}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

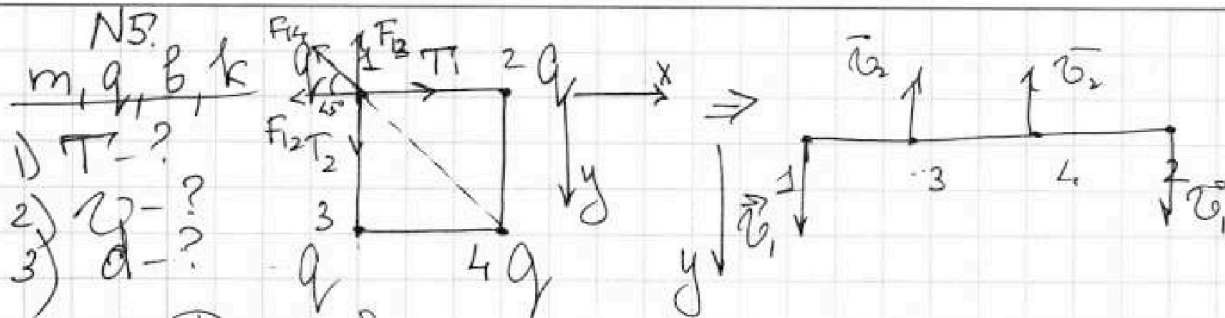
Отметьте крестиком номер задачи.

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!



Расставим силы на какой либо шарик.

1) $|F_{12}| = |F_{13}| = \frac{kq^2}{b^2}$
 2) $F_{14} = \frac{kq^2}{(b\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2b^2}$

$\vec{F}_{12} + \vec{F}_{14} + \vec{F}_{13} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = 0$

3) $Ox: T_1 - \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \cos 45^\circ - \frac{kq^2}{b^2} = 0 \Rightarrow T_1 = \frac{kq^2}{b^2} \left(\frac{\sqrt{2}}{4} + 1 \right)$

$\Rightarrow T_1 = \frac{kq^2}{4b^2} (4 + \sqrt{2})$

4) $Oy: T_2 - \frac{kq^2}{b^2} - \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \sin 45^\circ \rightarrow T_2 = \frac{kq^2}{4b^2} (4 + \sqrt{2})$

т.о. все силы в силу симметрии все силы равны

$T = \frac{kq^2}{4b^2} (4 + \sqrt{2})$

$\vec{p}_1 = 0$ - начальная импульс

$\vec{p}_2 = 2m\vec{v}_1 + 2m\vec{v}_2$

В силу симметрии $v_1 = v_2 = v$, и $v_3 = v_4 = v_2$

т.к. внешних сил нет, то импульс сохраняется

5) $Oy: \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \vec{F}_{el} \Delta t$
 $2m v_1 - 2m v_2 = 0 \Rightarrow v_1 = v_2 = v$

по теореме о кинетической энергии:

$\Delta W_{кин} = A_{F_{эл}} = -\Delta W_{п.эл} \rightarrow \frac{4m v^2}{2} - 0 + W_{n2} - W_{n1} = 0$,

где W_n - потенциальная энергия взаимодействия зарядов

Получим W_{n1} и W_{n2} :

6) $W_{n1} = \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} \cdot 2 + \frac{kq^2}{b} \cdot 4 = \frac{kq^2}{b} (4 + \sqrt{2})$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

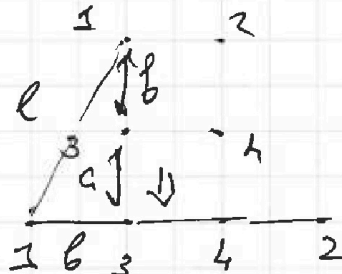
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N5. Продолжите.

$$\begin{aligned} W_{n2} &= \frac{kg^2}{3b} + \frac{kg^2}{2b} + \frac{kg^2}{b} + \frac{kg^2}{b} + \frac{kg^2}{2b} + \frac{kg^2}{b} = \frac{3kg^2}{b} + \frac{2kg^2}{2b} + \frac{kg^2}{3b} = \\ &= \frac{kg^2}{b} \left(4 + \frac{1}{3}\right) \quad \text{т.о.} \quad 2m\omega^2 = \frac{kg^2}{b} (4 + \sqrt{2}) - \frac{kg^2}{b} \left(4 + \frac{1}{3}\right) \Rightarrow \\ \Rightarrow 2m\omega^2 &= \frac{kg^2}{b} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right) = \frac{kg^2}{3b} (3\sqrt{2} - 1) \Rightarrow \\ \Rightarrow \omega^2 &= \frac{kg^2}{6mb} (3\sqrt{2} - 1) \Rightarrow \boxed{\omega = \sqrt{\frac{kg^2}{6mb} (3\sqrt{2} - 1)}} \end{aligned}$$

3. В силу симметрии точки 3 и 4 остаются
друг под другом:

$$l = \sqrt{(b+a)^2 + b^2}$$



Ответ: 1) $\frac{kg^2}{4b^2} (4 + \sqrt{2})$; 2) $\frac{kg^2}{6mb} \sqrt{\frac{kg^2}{6mb} (3\sqrt{2} - 1)}$



1 2 3 4 5 6 7

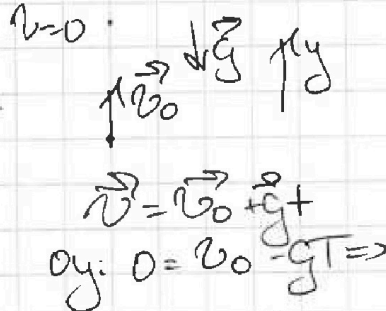
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Поря QR-кода нет.

Черновик.

N1.

$T = 2c$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$

- 1) v_0 - ?
- 2) h_{max} - ?



$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}} \Rightarrow$$

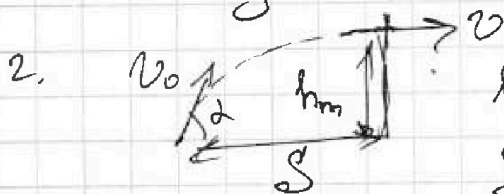
$$\Rightarrow 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} = 1 - \cos \alpha$$

$$\frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin \alpha} =$$

$$= \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} =$$

$$= \frac{\sin^3 \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

$\Rightarrow v_0 = gT = 2 \cdot 10 = 20 \text{ m/s}$



$h_m = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$
 $S = v_0 \cos \alpha t$

$v_0 \sin \alpha t = gt$
 $h_m = \frac{gt^2}{2}$

$S^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha t^2$
 $\frac{S^2}{t^2} = v_0^2 \cos^2 \alpha$
 $\frac{S^2}{t^2} = v_0^2 \sin^2 \alpha$

$\frac{S^2}{t^2} + g^2 t^2 = v_0^2 \Rightarrow g^2 t^4 - v_0^2 t^2 + S^2 = 0$

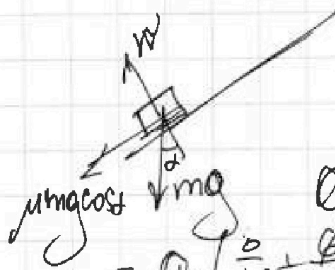
$$t^2 = \frac{v_0^2 \pm \sqrt{v_0^4 - 4g^2 S^2}}{2g^2} = \frac{v_0^2 \pm \sqrt{20^4 - 4 \cdot 10^2 \cdot 20^2}}{2 \cdot 10^2}$$

$$= \frac{\pm \sqrt{20 \cdot 20 \cdot 200 - 20 \cdot 20 \cdot 400} + 400}{2 \cdot 10^2} = \frac{2c}{2 \cdot 10^2}$$

N2.

$\sin \alpha = 0,8$
 $\mu = \frac{1}{3}$
 $v_0 = 4 \text{ m/s}$

1) T_1 - ?



Омеченная:

$2c \cos \alpha = v_0^2 \Rightarrow$

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

$= g \left(\frac{4}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = g$

$\Rightarrow 2gS = v_0^2 \Rightarrow S = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} =$

$= \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$ - на хвосте

$T_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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

Черновик.

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g\left(\frac{8}{10} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{8}{10}\right) = 6 \text{ м/с}^2$$

$h = 0,2 \text{ м} = \frac{a_2 t^2}{2} \Rightarrow T_2 = \sqrt{\frac{2h}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{4}{60}} = \frac{2}{\sqrt{60}} = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ с}$

$h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{400}{20} = 20 \text{ м}$

$T = T_1 + T_2 = 0,65 \text{ с}$

2.

$v_x = v_0 - u = 2 \text{ м/с}$

$h_m = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_x^2}{2g} = \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 10} - \frac{400}{2 \cdot 10} = 200 - 20 = 180$

3.

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

$F \cos \alpha - \mu N = ma_1$

$F - \mu mg = ma_2$

$v_0 = a_1 t$

$h_m = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{a_1^2 t^2}{2g}$

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

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

$h_m = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$

$\Rightarrow h_m = S \tan \alpha - \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} (1 + \tan^2 \alpha)$

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!



$$h_m = S \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} + g^2 - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot 1$$

$$h_m = 20 \operatorname{tg} \alpha - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} \operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400}$$

$$h_m = 20 \operatorname{tg} \alpha - 5 \operatorname{tg}^2 \alpha - 5 \Rightarrow 5 \operatorname{tg}^2 \alpha - 20 \operatorname{tg} \alpha + h_m + 5 = 0$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha - 4 \operatorname{tg} \alpha + \left(\frac{h_m}{5} + 1\right) = 0$$

$$D = \left(\frac{4}{2}\right)^2 - \frac{h_m}{5} + 1 \Rightarrow 4 + 1 = \frac{h_m}{5} \Rightarrow h_m = 25$$

$$h_m = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{400 \cdot \frac{1}{4}}{2 \cdot 10} = 10 \text{ m}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 2$$

$$v = v_0 \cos \alpha \quad 2gh_m = v_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$h_m = \frac{g t^2}{2}$$

$$v \cdot \cos \alpha \cdot t = S \Rightarrow t = \frac{S}{v \cos \alpha} = \frac{S}{v_0 \cos^2 \alpha}$$

$$v = v_0 \cos \alpha$$

$$h_m = \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^4 \alpha} \Rightarrow \begin{cases} v_0^2 \cos^4 \alpha = \frac{g S^2}{2 h_m} \\ v_0^2 \sin^2 \alpha = 2 g h_m \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{g S^2}{2 h_m} + 2 g h_m \Rightarrow 2 h_m v_0^2 = g S^2 + 4 g h_m^2$$

$$4 g h_m^2 - 2 v_0^2 h_m + g S^2 = 0$$

$$\text{Norm } h_m = \frac{v_0^2 \pm \sqrt{v_0^4 - 4 g^2 S^2}}{4 g} = \frac{v_0^2}{4 g} = \frac{400}{4 \cdot 10} = 10$$

$$2 \vec{a} \vec{b} = v_0^2 - \omega^2$$

$$2 g h_2 = \frac{4^2 - 4}{2 \cdot 10} = \frac{16 - 4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{6}{10}$$

$$C_u dT = \delta Q + \Delta U$$

$$C_u = \frac{\delta Q}{dT} + \frac{\Delta U}{dT} =$$

$$x: 0 = v_{\text{app}x} + u \Rightarrow v_{\text{app}x} = -u$$

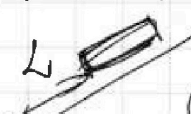
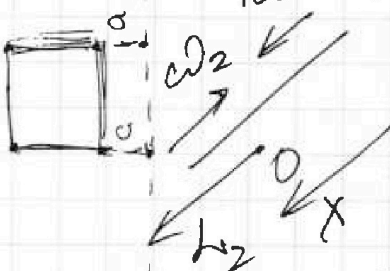
$$2 \vec{a} \vec{h} = v^2 - \omega^2$$

$$PdV = \nu R dT$$

$$\delta Q = \delta Q + \Delta U = \frac{PdV}{dT} + \frac{3 \nu R dT}{2 dT} = \frac{3}{2} R$$

носок
длина

$C_u = C_v = \frac{3}{2} R + R = \frac{5}{2} R$
носок

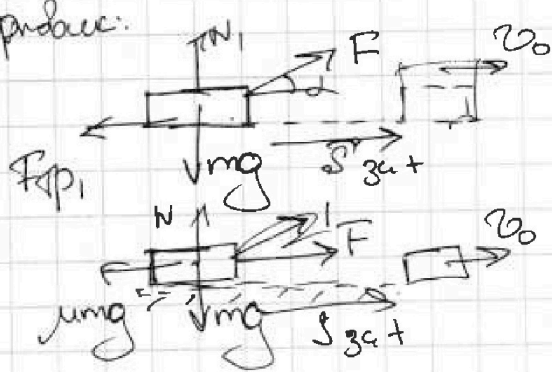


- 1 2 3 4 5 6 7

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

Условия:

1.



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

$$F_{sp} = \mu mg - \mu F \sin \alpha$$

$$F_{x1} = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$

$$F_{x1} = F_{x2}$$

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

$\mu \sin \alpha = \dots$

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

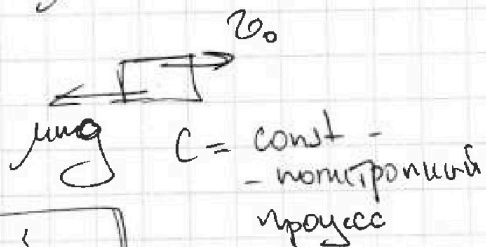
2.

$$v_0 = aT$$

$$\mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g$$

$$v_0 = \mu g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g}$$

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



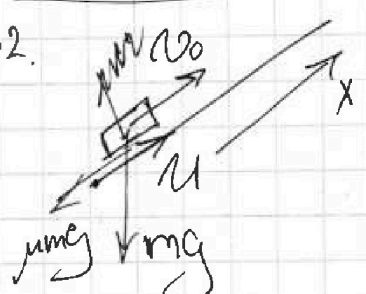
$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

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

$$p_2 V_2 = 4 p_1 V_1$$

N2.

2.



в СО неподвижно:
 $\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_0 - \vec{u}$

1) x: $v_{\text{отн}x} = v_0 - u = 2 \text{ м/с}$

2) $v_{\text{отн}} = 0 \Rightarrow T = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ с}$

$v_{\text{отн}} = 0 \Rightarrow \vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_{\text{от}} + \vec{v}_{\text{отн}} \Rightarrow$

\Rightarrow x: $v_{\text{отн}} = u = 2 \text{ м/с}$

$$v_{\text{отн}}^2 = 2gS \Rightarrow S = \frac{v_{\text{отн}}^2}{2g} = \frac{4}{2 \cdot 10} = 0,2 \text{ м} = L$$

$$h = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \cdot 0,04}{2} = 0,2 \text{ м}$$

3.



в СО неподвижно

$$L = 0,2 \text{ м} \quad H = L \sin \alpha = 0,16 \text{ м}$$

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 6 \text{ м/с}^2$$

$\Delta h = \dots$

$$\Delta h = \frac{1}{3} \cdot 0,8 = \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{5} = \frac{4}{15} \text{ м}$$

$$u^2 = 2as \Rightarrow \Delta h = \frac{u^2}{2a} = \frac{4/9}{2 \cdot 6} = \frac{1}{9}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Черновик.

$$2^{\frac{3}{2}} = \sqrt[3]{8} = 2\sqrt{2} = 2 \cdot 1,41 \approx 3.$$

№1. 1) $A_{12} =$

$$C_{\mu} = 2R \cdot \Delta T = \Delta Q$$

$$Q_{12} = C_{\mu} \Delta T = 2R \Delta T (4T_1 - T_1) = 6R \Delta T_1 = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} 2R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} R \Delta T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{12} = \frac{12 R \Delta T_1}{2} - \frac{9 R \Delta T_1}{2} \Rightarrow \boxed{A_{12} = \frac{3}{2} R \Delta T_1}$$

2.

$$\zeta = 1 - \frac{|Q_{out}|}{Q_{in}}$$

$$Q_{out} = Q_{23} + Q_{31} = -\frac{1}{2} R \Delta T_1 (4T_1 - 2\sqrt{2}T_1) + \frac{5}{2} R \Delta T_1 (T_1 - 2\sqrt{2}T_1)$$

$$= -2 R \Delta T_1 + \sqrt{2} R \Delta T_1 - 5\sqrt{2} R \Delta T_1 + \frac{5}{2} R \Delta T_1 =$$

$$= \frac{R \Delta T_1}{2} - 4\sqrt{2} R \Delta T_1 = R \Delta T_1 \left(\frac{1}{2} - 4\sqrt{2} \right) = \frac{R \Delta T_1}{2} \cdot \left(\frac{1 - 8\sqrt{2}}{2} \right)$$

$$Q_{in} = Q_{12} = 6 R \Delta T_1$$

$$\zeta = 1 - \frac{6 R \Delta T_1 \left| \frac{R \Delta T_1}{2} (1 - 8\sqrt{2}) \right|}{2 \cdot 6 R \Delta T_1} = 1 - \frac{8 \times 1,4}{1,2} =$$

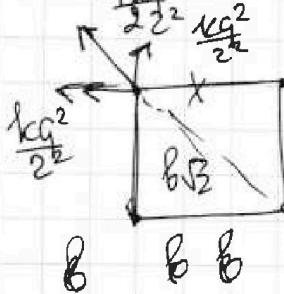
$$= \frac{12 - 8\sqrt{2} + 1}{12} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12} \approx \frac{13 - 11,2}{12} = \frac{1,8}{12} = 0,15$$

№3.

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$1. T_1 = \frac{1 \text{ kg}^2 (4 + \sqrt{2})}{42^2}$$

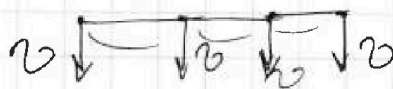


$$T_1 = \frac{1 \text{ kg}^2}{2^2} + \frac{1 \text{ kg}^2 \cdot \sqrt{2}}{2^2} = \frac{1 \text{ kg}^2}{2^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$

2.

$$\frac{4m \nu^2}{2} + W_{h_2} - W_{h_1} = 0$$

$$W_h = \frac{1 \text{ kg}^2}{2}$$



$$\Delta Q = C \Delta T$$

$$2^{1,5} = 2^{\frac{3}{2}}$$

$$\sqrt{2} =$$

$$= 2\sqrt{2}$$

$$1 - \frac{5}{2} = -\frac{3}{2}$$

$$8 \cdot 1,4^3$$

$$\times \frac{1,5}{8}$$

$$\approx 1,2$$