

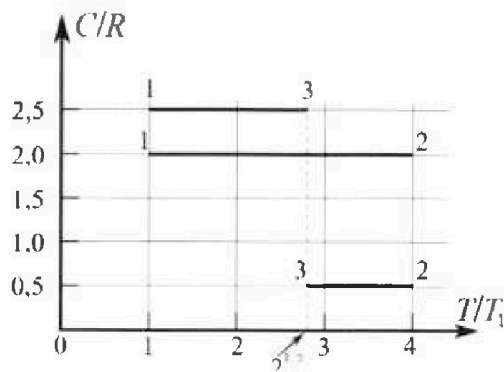
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



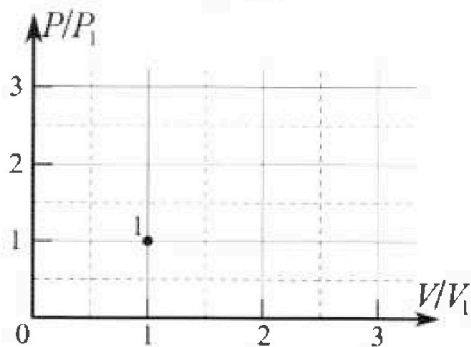
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



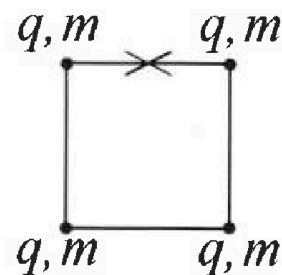
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  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.

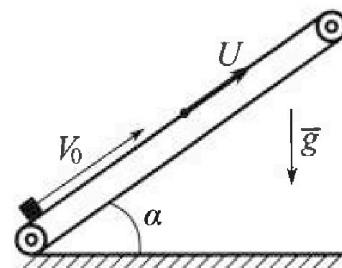
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>. 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.

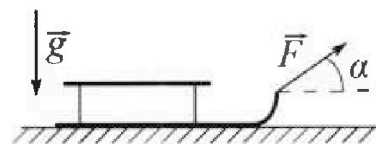
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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  $\mu$  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

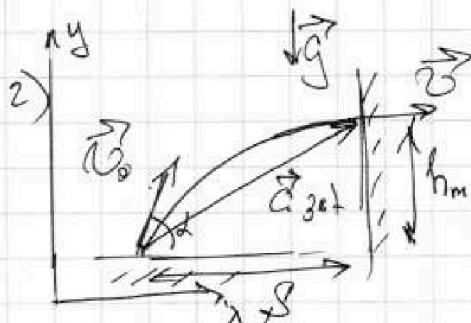
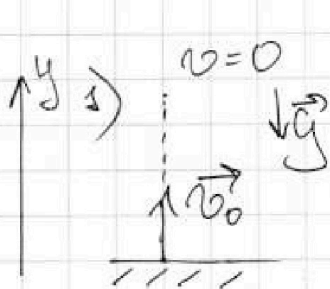
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N1.

$$T = 2c$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v = 20 \text{ м/с}$$



- 1)  $v_0$  - ?  
2)  $h_m$  - ?

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

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

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

2)  $ox$ :  $s = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{s}{v_0 \cos \alpha}$

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

4)  $v_0 \sin \alpha t = gt$ , тогда  $ty=0 \Rightarrow h_m = \frac{g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$  (\*)

$2gs = v^2 - v_0^2$

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

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

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

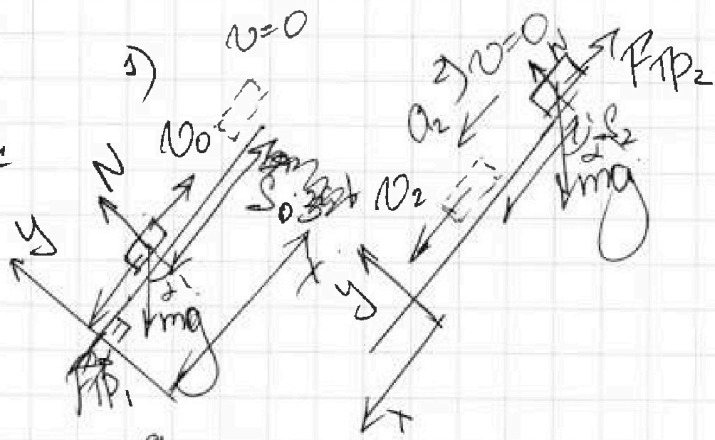
$\Rightarrow \boxed{h_m = 10 \text{ м}}$ ,  $h_m = \frac{v_0^2}{4g} = \frac{gT^2}{4g} = \underline{\underline{\frac{gT^2}{4}}}$

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)  $\tau$  - ?  
 2)  $u$  - ?  
 $L$  - ?  
 3)  $\mu$  - ?  
 $g = 10 \text{ м/с}^2$



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):

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

1)  $ay$ :  $0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$ , т.е. сила реакции  
 есть, то  $F_{тр1} = F_{тр2} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

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

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

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):

$$m\vec{a}_2 = \vec{N} + \vec{F}_{тр2} + m\vec{g}$$

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

5)  $ax$ :  $ma_2 = mg \sin \alpha - F_{тр2}$   
 Пусть есть скольжение, тогда  $F_{тр2} = \mu mg \cos \alpha$

$$ma_1 = mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) > 0 \Rightarrow \text{скольжение есть!}$$

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

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!



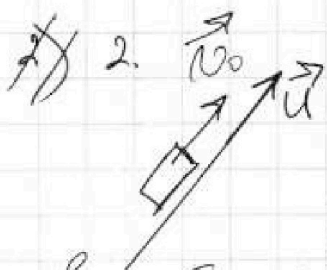
N2. Продолжение

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

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

1). Две 1):  $v_0 = a_1 t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g} = \frac{4}{10} = \underline{0,4c}$

т.о.  $T = t_1 + t_2 = 0,4 + 0,25 = \underline{0,65c}$

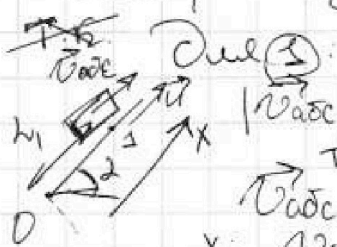


Перейдем в СО, связанную с транспортером. В ней транспортер неподвижен.

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

Для 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:



Для 1):  $|v_{абс}| = u$

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

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

$\omega_1 = v_0 - u = 2 \text{ м/с}$  - скорость, с которой движется коробка относит. 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!

N2. Продолжиме

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

2)  $v_{\text{отн}2}$  направим в другую сторону  
 $\vec{v}_{\text{отн}2} = \vec{v}_{\text{отн}2} + \vec{v}_{\text{пер}}$   
 ОХ:  $-\frac{g}{2} L = v_{\text{отн}2x} + u \Rightarrow$   
 $\Rightarrow v_{\text{отн}2x} = -2u, |v_{\text{отн}2x}| = 2u = 4 \text{ м/с}$

$v_{\text{отн}2} = v_0 - u$  - скорость, с которой касались движиме у точки старта. Из найденного ранее  $a_1 = g$

$2a_1 L = v^2 - v_0^2$  (Предположим, что т. старта той же  $v_{\text{отн}2} = 2u$  здесь выше т. старта)

3) ОХ:  $2gL_2 = v_{\text{отн}2}^2 - v^2 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow 2gL_2 = 4u^2 - (v_0 - u)^2 \Rightarrow L_2 = \frac{4u^2 - (v_0 - u)^2}{2g} =$   
 $= \frac{4 \cdot 2^2 - (4-2)^2}{2 \cdot 10} = \frac{16-4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{6}{10} = \underline{0,6 \text{ м}}$  (ниже т. старта)

3. по условию,  $v_{\text{отн}} = 0$ .  $\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{пер}}$

ОХ:  $0 = v_{\text{отн}x} + u \Rightarrow$   
 $v = v_0 - u \Rightarrow v_{\text{отн}x} = -u, \text{ т.е.}$   
 - скорость, с которой касались движиме ств. т. старта.  
 $|v_{\text{отн}x}| = u$  (вниз по склону)

Из ранее найденного,  $a_1 = g$  - ускорение при движении по склону

$2a_1 L = v^2 - v_0^2$

1) ОХ:  $-2gL = v_{\text{отн}}^2 - v^2 \Rightarrow L = \frac{v^2 - v_{\text{отн}}^2}{2g} =$   
 $= \frac{(v_0 - u)^2 - v^2}{2g} = \frac{(4-2)^2 - 2^2}{2g} = 0, \text{ т.о.}$

$L = 0$

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

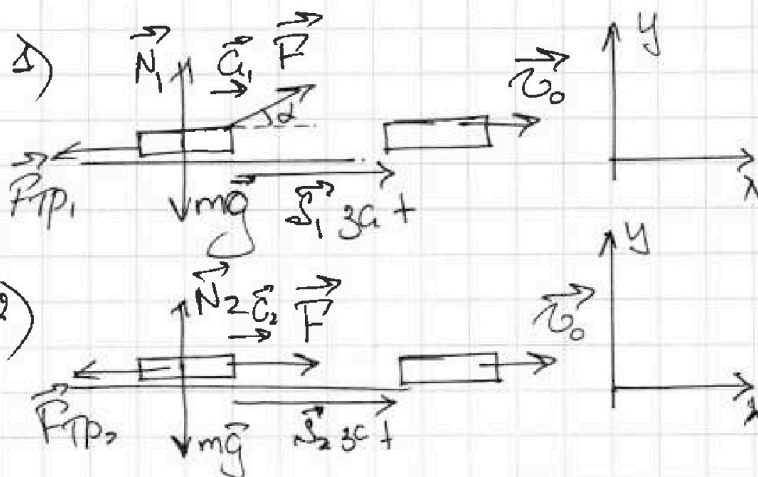


1  2  3  4  5  6  7

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

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

- 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  $F_{тр1} = F_{тр\max 1} = \mu N_1 = \mu(mg - F \sin \alpha)$ , тогда:  
 $ma_1 = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$  (\*)

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  $F_{тр2} = F_{тр\max 2} = \mu N_2 = \mu mg$ ,  
 тогда:  $ma_2 = F - \mu mg$  (\*\*)

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

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

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

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,

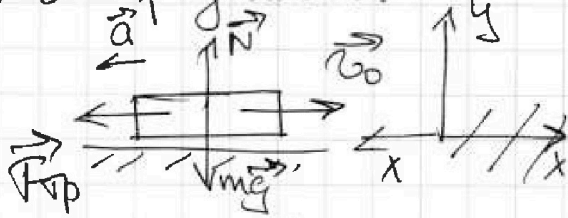
решение которой представлено на странице:

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!

№3. Продолжение.



II закон Ньютона:

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

5)  $Oy$ :  $0 = N - mg \Rightarrow N = mg$ ,  $F_{тр} = F_{тр\max} = \mu N = \mu mg$

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

Из кинематики равноуск. движения:

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

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

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





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  $C$  - моль-ная теплоемкость,  $dT$  - малое изменение температуры

Исходя из условия, применяя первого закона термодинамики, получим,

- 1)  $U_{12} - ?$
- 2)  $\eta - ?$
- 3)  $(P/P_1, V/V_1) - ?$

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

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  $U_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 6UR T_1 -$   
 $= \frac{3}{2} UR T_1 \Rightarrow U_{12} = \frac{3}{2} UR T_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 400 \approx$   
 $\approx 25 \cdot 200 = 5 \text{ кДж}$

3)  $\eta = 1 - \frac{|Q_{out}|}{Q_{in}}$

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.  $\eta = 1 - \frac{(4\sqrt{2} - \frac{1}{2})UR T_1}{6UR T_1} = 1 - \frac{8\sqrt{2} - 1}{12} = \frac{12 - 8\sqrt{2} + 1}{12} =$   
 $= \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12} = \frac{13 - 11,2}{12} \approx \frac{1,8}{12} = \frac{0,3}{2} =$   
 $= \frac{3}{20}$

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!

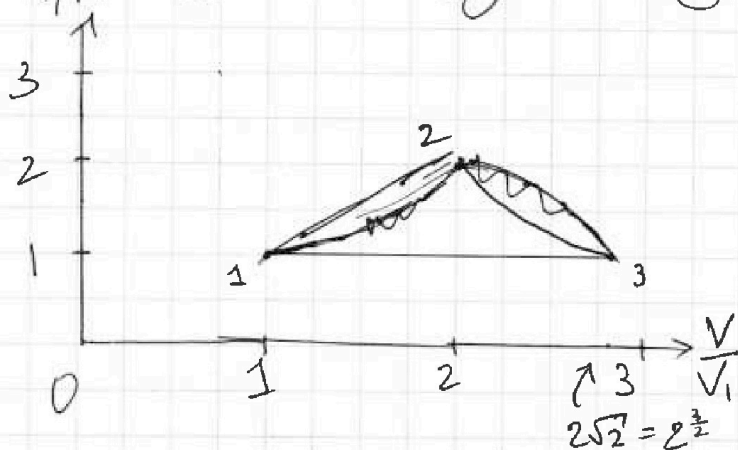
N4. Продолжиме  
ур-ие Менделеева-Клапейрона для с. 1, 2, 3.  
т.д.:

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

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

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

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

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

Дме (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

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 вимаме тасе  
равнство площадей под графиками и их отно-  
шени друг к другу

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

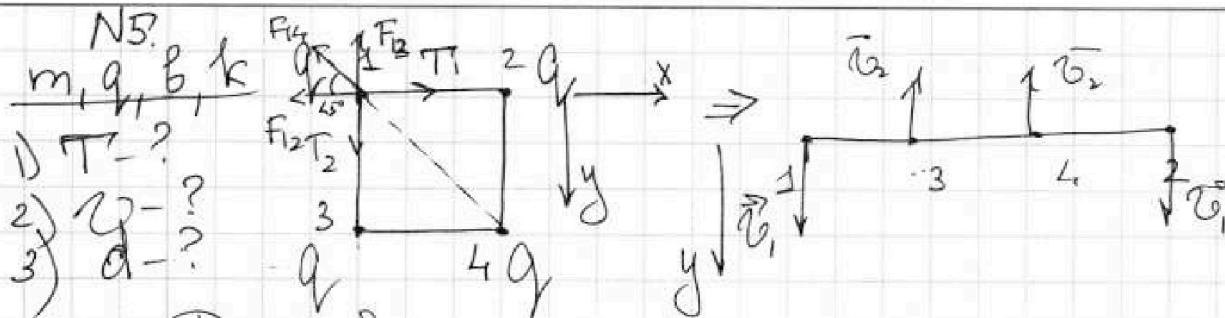
Отметьте крестиком номер задачи.

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 одну симметрию все нити 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)  $Oy: \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = F_{ex} \Delta t$   
 $2m v_1 - 2m v_2 = 0 \Rightarrow v_1 = v_2 = v$

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**

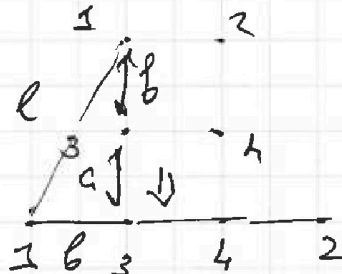
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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.

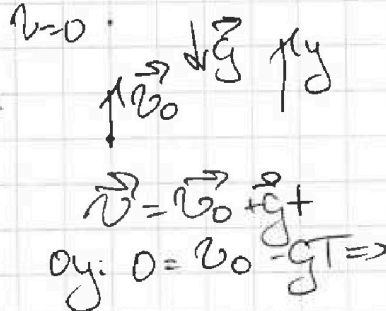


Черновик.

N1.

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

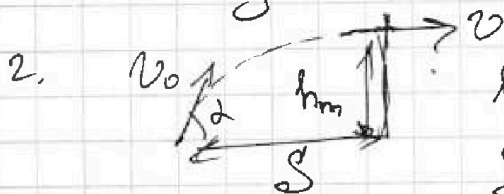
- 1)  $v_0 = ?$
- 2)  $h_{\text{max}} = ?$



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

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

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



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

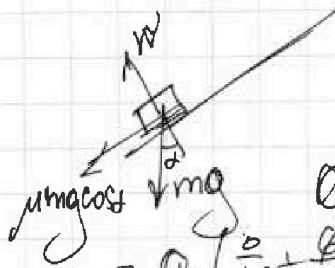
$v_0 \sin \alpha t = gt$   
 $h_m = \frac{gt^2}{2}$

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

$\frac{S^2}{t^2} + g^2 \frac{t^2}{2} = v_0^2 \Rightarrow g^2 t^4 - v_0^2 t^2 + S^2 = 0$   
 $t^2 = \frac{v_0^2 \pm \sqrt{v_0^4 - 4g^2 S^2}}{2g^2} = \frac{v_0^2 \pm \sqrt{20^4 - 4 \cdot 10^2 \cdot 20^2}}{2 \cdot 10^2}$   
 $= \frac{\pm \sqrt{20 \cdot 20 \cdot 400 - 20 \cdot 20 \cdot 400} + 400}{2 \cdot 10^2} = \frac{400}{2 \cdot 10^2} = \frac{2c}{2 \cdot 10^2}$

N2.

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



Омеченная:

$2cS = v_0^2 \Rightarrow$

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

$= g \left( \frac{0,8}{10} + \frac{0,2 \cdot 4}{3} \right) = g$

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

$= \frac{16}{20} = 0,8 \text{ m}$  - не хватает

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



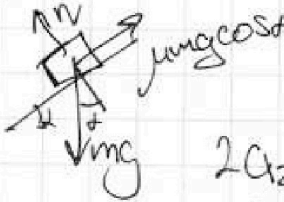
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик.

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

$$h_m = \frac{v_0^2 \cdot \frac{1}{4}}{2 \cdot 10} = \frac{100}{10} = 10 \text{ м}$$



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

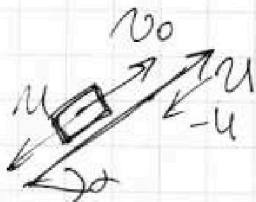
$$2a_2 s = v^2$$

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

$$h_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{400}{10} = 40 \text{ м}$$

$$T = T_1 + T_2 = 0,65 \text{ с}$$

2.



60 м/с

$$\vec{v} = \vec{v}_0 - \vec{u}$$

$$v_x = v_0 - u = 2 \text{ м/с}$$

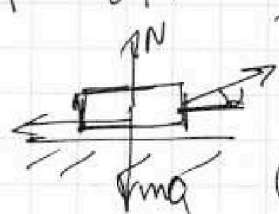
$$h_m = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 10} = 200$$

$$h_m = \frac{v_x^2}{2g} = \frac{4}{20} = 0,2$$

$$\frac{g s^2}{2v_0^2} + h_m = 0$$

$$\frac{g s^2}{2v_0^2} \cdot \tan^2 \alpha + s \tan \alpha + \frac{g s^2}{2v_0^2} + h_m = 0$$

№3.



α = 45°

$$h_m = 0$$

$$0 - v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh_m$$

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

$$F \mu N = \mu mg - \mu F \sin \alpha$$

$$h_m = \frac{2g s^2}{v_0^2} = \frac{g s^2}{v_0^2} - s^2$$

$$F \cos \alpha - F \mu N = m a_1$$

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

$$v_0 = a_1 t$$

$$F - \mu mg = m a_2$$

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

$$v_0 = a_2 t$$

$$h_m = v_0 \sin \alpha t - \frac{a_2 t^2}{2}$$

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





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!



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$v = v_0 \cos \alpha$$

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

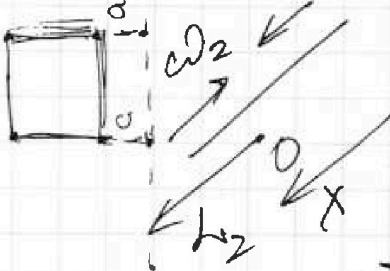
$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{g S^2}{2 h_m} + 2 g h_m \Rightarrow 2 h_m v_0^2 = g S^2 + 4 g h_m^2$$

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

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

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

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



$$C_u v dt = \delta A + \Delta U$$

$$v \vec{a} \vec{c} = 0 \quad C_u = \frac{\delta A}{v dt} + \frac{\Delta U}{v dt} =$$

$$x: 0 = v_{\text{top}x} + U \Rightarrow v_{\text{top}x} = -U$$

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

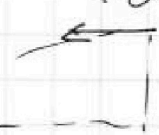
$$P dV = \nu R dt$$

$$\delta Q = \delta A + \Delta U =$$

$$C = \frac{3}{2} R - R = \frac{P dV}{v dt} + \frac{3 \nu R dt}{2 v dt} = \frac{3}{2} R$$

носущее движение

носок

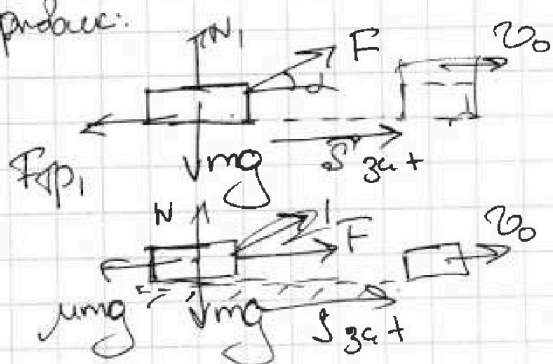


- 1  2  3  4  5  6  7

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

Условия:

1.



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

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

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

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

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

$$1 = \cos \alpha + \mu \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha$$

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

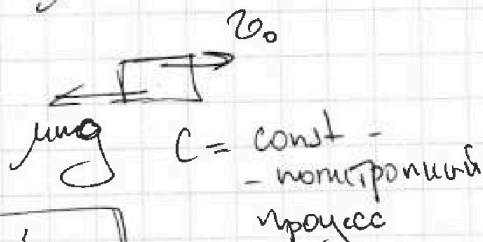
2.

$$v_0 = aT$$

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

$$v_0 = \mu g T \Rightarrow$$

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



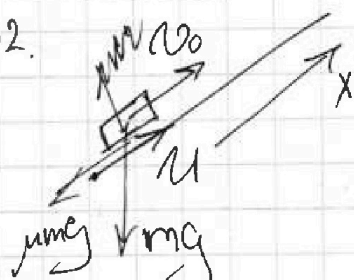
$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

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

$$p_2 V_2 = 4 p_1 V_1$$

N2.

2.



в СО наблюдателя

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_0 - u$$

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

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

$$v_{\text{отн}} = 0 \Rightarrow v_{\text{отн}} = v_{\text{отн}} + v_{\text{отн}} \Rightarrow$$

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

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

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

в СО наблюдателя

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

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

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

$$v^2 = 2as \Rightarrow \Delta v = \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{5} = \frac{4}{15} \text{ м/с}$$

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!

Черновик.

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

$$N_1. 1) A_{12} =$$

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

$$Q_{12} = C_{\mu} \Delta T = 2R \Delta T = 6 \Delta T = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} 2R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta T \Rightarrow$$

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

2.

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

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

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

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

$$Q_{in} = Q_{12} = 6 \Delta T$$

$$\zeta = 1 - \frac{6 \Delta T \left( \frac{1 - 8\sqrt{2}}{2} \right)}{2 \cdot 6 \Delta T} = \frac{12 - 8\sqrt{2} + 1}{12 - 8\sqrt{2}} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12 - 8\sqrt{2}}$$

$$\approx \frac{13 - 11,2}{12 - 11,2} = \frac{1,8}{0,8} = 2,25$$

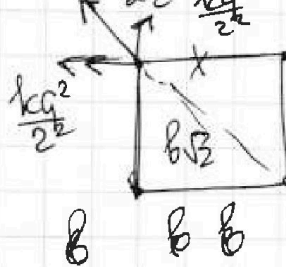
$$\approx \frac{1,2}{0,3} = 4$$

N3.

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$1. T_2 = \frac{1 \text{ kg}^2 (4 + \sqrt{2})}{4 \cdot 2^2}$$

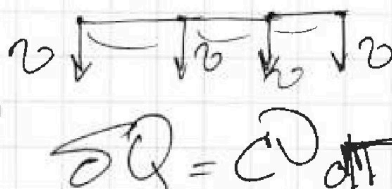


$$T_1 = \frac{1 \text{ kg}^2}{2^2} + \frac{1 \text{ kg}^2 \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot 2} = \frac{1 \text{ kg}^2}{2^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$

2.

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

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



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

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

$$2^{\frac{15}{2}} = 2^{\frac{3}{2}}$$

$$\sqrt{2} = 2\sqrt{2}$$

$$= 2\sqrt{2}$$