



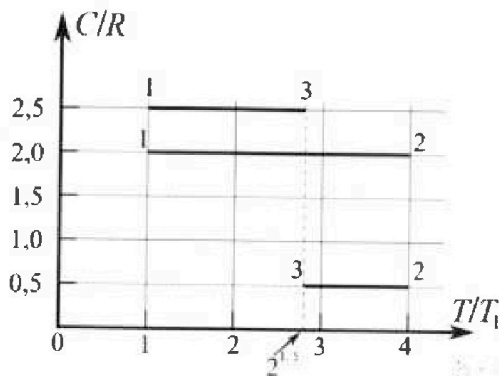
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01



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

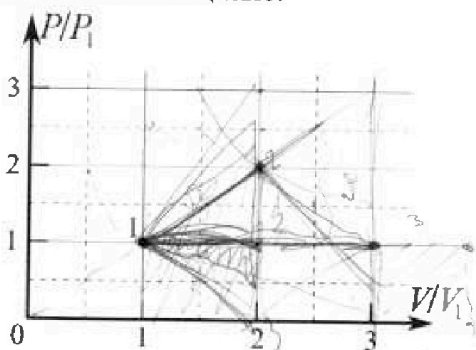
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



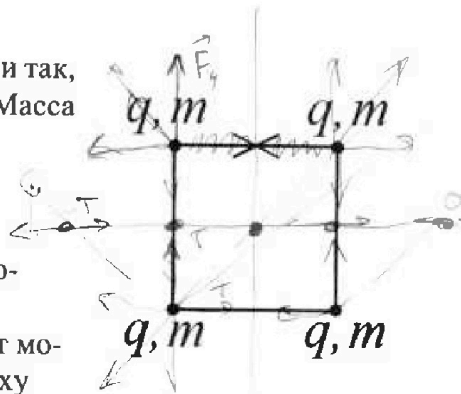
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.

Handwritten calculations:

$$\begin{array}{r} 1,42 \\ \times 1,42 \\ \hline 56 \\ + 14 \\ \hline 396 \end{array} \approx 1,9$$

$$\frac{2,25}{2,3} = \frac{17}{2} = 0,85 \quad \& 4,14 = 5,6$$

$$\sqrt{95} = 2\sqrt{23,75}$$

$$\frac{5,1}{2,3} = \frac{17}{2} = 0,85 \quad \& 4,14$$

$$1 - 0,85 = 0,15$$



# 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.

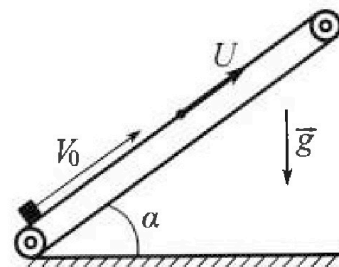
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.  $20 \text{ м/с}$

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?  $55 \text{ м}$ .

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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  $V_0 = 4 \text{ м/с}$ . 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?  $0,6 \text{ с}$

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

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

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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.  $m$

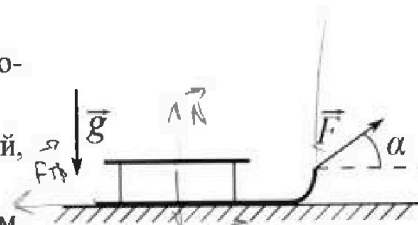
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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.



$$V_{\text{обс}} = V_{\text{отп}} + V_{\text{пер}}$$

4     2

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

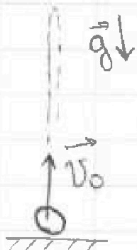
МФТИ

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

ш1

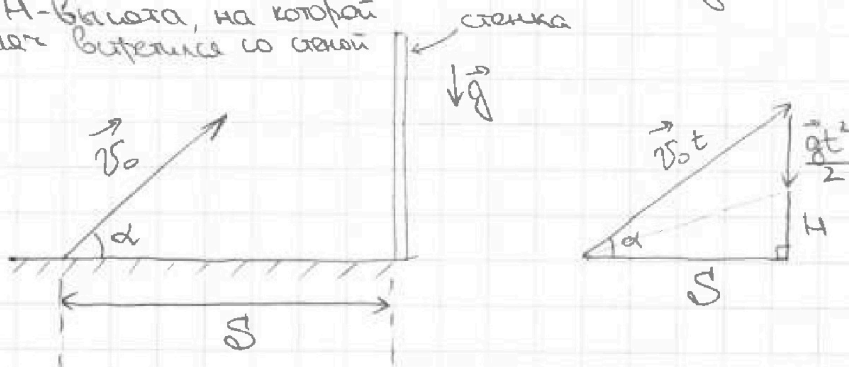
1) Тело (в данном случае мяч) поднялось на максимальную высоту  $\Rightarrow$  вертикальная составляющая скорости = 0

$$V_0 \cdot \sin \alpha - gT = 0, \text{ т.к. тело идет вверх } \Rightarrow \sin \alpha = 1$$



$$V_0 = gT = 20 \text{ м/с}$$

2)  $t$  - время от начала полета до вылета со стенки  
 $H$  - высота, на которой мяч вылетел со стенки



$$V_0 \cdot \cos \alpha = S \Rightarrow t = \frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha}$$

$$V_0 \cdot t \cdot \sin \alpha = \frac{gt^2}{2} + H \Rightarrow H = V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = \left[ t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha} \right] =$$

$$= V_0 S \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{g \cdot S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = S \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2} (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1)$$

$$H = \underbrace{-\frac{g S^2}{2 V_0^2}}_{\text{const}} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha + \underbrace{S \cdot \operatorname{tg} \alpha}_{\text{const}} - \underbrace{\frac{g S^2}{2 V_0^2}}_{\text{const}}$$

т.е. известна график зависимости  $H(\operatorname{tg} \alpha)$  - парабола,  
ветви вниз  $\Rightarrow$  макс. знач.  $H$  при вершине  
параболы

$$\text{Вершина } \text{в } \operatorname{tg} \alpha = \frac{V_0^2}{gS}$$

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 checked="" type="checkbox"/>	<input 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!

$$H\left(\frac{v_0^2}{gS}\right) = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{gS^2} + S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} =$$
$$= \frac{3v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{3v_0^4 - g^2S^2}{2gv_0^2} = 55M$$

Ответ: 1)  $v_0 = 20 \text{ м/с}$   
2)  $H = 55M$

~~55M~~

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 checked="" type="checkbox"/>	<input 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. Порча QR-кода недопустима!

2) Перейдём в  $\text{СО}$  трамвая  
 $\text{СО} \rightarrow \text{СО}'$   
~~и~~  $\text{выберём } v_0 \rightarrow v_0'$   
 $v_0'$  - нач. скорость коробки в  $\text{СО}'$

$$v_0' = v_0 + u$$

Из п. 1)  $a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

$$L = \frac{v_0'^2 - u^2}{2a} = \frac{(v_0 + u - u)(v_0 + u + u)}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{v_0(v_0 + 2u)}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$L = 1,6 \text{ м}$$

$$3) H = \frac{v_0'^2}{2a} \cdot \sin \alpha = \frac{(v_0 + u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} \cdot \sin \alpha = 1,44 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $T = 0,6 \text{ с}$   
2)  $L = 1,6 \text{ м}$   
3)  $H = 1,44 \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

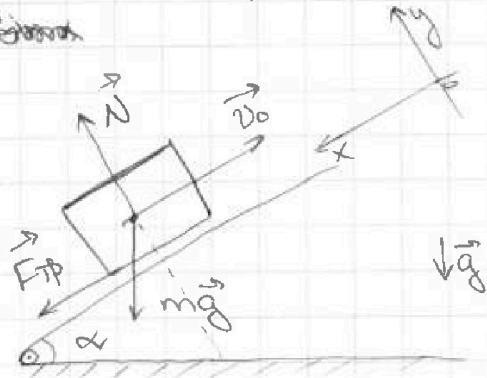
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



У2

$$\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = 0,6$$

Сила



Пусть масса коробки -  $m$

По 2 з. Ньютона:

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

$$O_y: N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

Т.к. тело скользит по поверхности  $F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

$$O_x: F_{тр} + mg \sin \alpha = ma$$

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

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

Движение равноускоренное  $a = \text{const}$

Вопрос: Когда тело достигнет макс. высоты он пройдет путь  $S_0$

$$S_0 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,8 \text{ м}$$

$$S_0 < S \quad S_{\text{ост}} = S - S_0 = 2S_0 - S = 0,6 \text{ м}$$

Тогда  $S'$  - расстояние от старта до момента, когда путь тела достигнет значения  $1 \text{ м}$

$$S' = v_0 t - \frac{at^2}{2} \Rightarrow \frac{at^2}{2} - v_0 t + S' = 0$$

$t$  - время, за которое тело переместилось на  $S'$

$$t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2aS'}}{a} = \frac{4 \pm 2}{10} \text{ с.}$$

«лишнее» не берем, т.к. при  $t = 0,2 \text{ с.}$  тело нулю, пройденный телом равен  $0,6 \text{ м.}$

$$T = t_1 + t_2 = 0,6 \text{ с.}$$

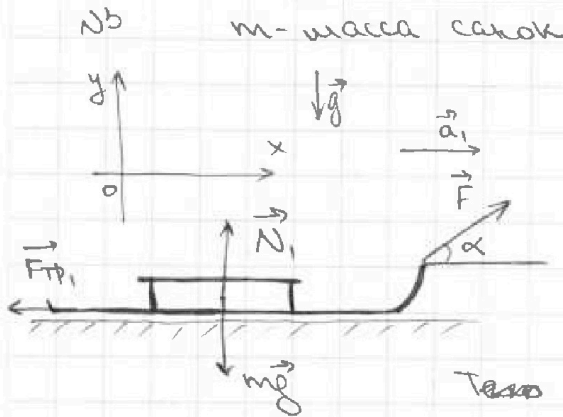
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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. Порча QR-кода недопустима!



$$\vec{N}_1 + \vec{F}_{\text{тр}1} + m\vec{g} + \vec{F} = m\vec{a}$$

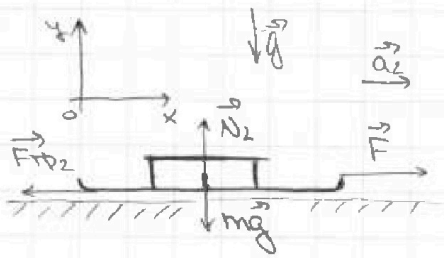
$$O_y: N_1 + F \cdot \sin \alpha - mg = 0$$
$$N_1 = mg - F \cdot \sin \alpha$$

Санки скользят:

$$F_{\text{тр}1} = \mu N_1 = \mu (mg - F \cdot \sin \alpha)$$

$$O_x: F \cdot \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = ma_1$$

$$\frac{F}{m} \cdot \cos \alpha - \mu g + \mu \frac{F}{m} \cdot \sin \alpha = a_1$$



$$\vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{тр}2} + \vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}_2$$
$$O_y: N_2 - mg = 0 \Rightarrow N_2 = mg$$

Санки скользят  $\Rightarrow F_{\text{тр}2} = \mu N_2 = \mu mg$

$$O_x: F - F_{\text{тр}2} = ma_2$$

$$\frac{F}{m} - \mu g = a_2$$

Т.к. санки в первом и во втором случае  
из состояния покоя разогнаются до скорости  $v_0$  за  
одинаковое время  $\Rightarrow a_1 = a_2$

$$\frac{F}{m} \cdot \cos \alpha - \mu g + \mu \cdot \frac{F}{m} \cdot \sin \alpha = \frac{F}{m} - \mu g$$

$$\frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha - 1) = 0$$

$$\text{Т.к. } \frac{F}{m} \neq 0 \Rightarrow \cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha - 1 = 0$$

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

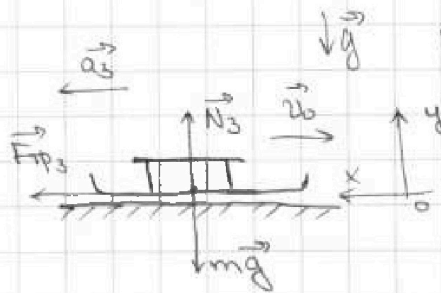
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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. Порча QR-кода недопустима!



По 2-з. Ньютона:  $\vec{F}_{тр3} + m\vec{g} + \vec{N}_3 = m\vec{a}_3$

$$O_y: N_3 - mg = 0 \Rightarrow N_3 = mg$$

$$F_{тр3} = \mu N_3 = \mu mg \text{ (санки скользят по остановке)}$$

$$O_x: F_{тр3} = ma_3 \Rightarrow a_3 = \mu g = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g$$

$$-v_0 + a_3 T = 0 \Rightarrow T = \frac{v_0}{a_3} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

У4

$$1) Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} \Rightarrow A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \Delta T_{12} \cdot \nu - \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12} \quad \text{⑤}$$

$$\text{⑥ } 2R \cdot (4T_1 - T_1) - \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{1}{2} R \cdot 3T_1 \cdot \nu = 4986 \text{ Дж}$$

$$A_{12} = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{Q_{\text{пол}} - Q_{\text{отг}}}{Q_{\text{пол}}}$$

Из графика видно, что при в процессе  $1 \rightarrow 2$   $T \uparrow$   
 $2 \rightarrow 3$   $T \downarrow$   
 $3 \rightarrow 1$   $T \downarrow$   $\rightarrow$

$$\Rightarrow Q_{12} > 0$$

$$Q_{23} < 0$$

$$Q_{31} < 0$$

$$\eta = \frac{Q_{12} - |Q_{23} + Q_{31}|}{Q_{12}} = 1 - \frac{|Q_{23} + Q_{31}|}{Q_{12}}$$

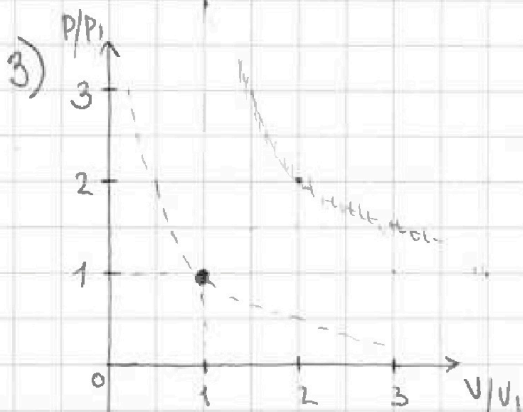
$$Q_{12} = C_{12} \cdot \Delta T_{12} \cdot \nu = 2R \cdot (4T_1 - T_1) \cdot \nu$$

$$Q_{23} = C_{23} \cdot \Delta T_{23} \cdot \nu = 0,5R(2^{1,5}T_1 - 4T_1) \cdot \nu$$

$$Q_{31} = C_{31} \cdot \Delta T_{31} \cdot \nu = 2,5R(T_1 - 2^{1,5}T_1) \cdot \nu$$

$$\eta = 1 - \frac{|0,5(2^{1,5} - 4) + 2,5(1 - 2^{1,5})|}{2 \cdot 3} \quad \text{⑦}$$

$$\text{⑧ } 1 - \frac{|0,5 \cdot 2^{1,5} + 0,5 - 2,5 \cdot 2^{1,5}|}{2 \cdot 3} = 1 - \frac{2^{2,5} - 0,5}{2 \cdot 3} \approx 1 - 0,85 = 0,15$$



Реш по Макс-Клайн:

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{4}$$

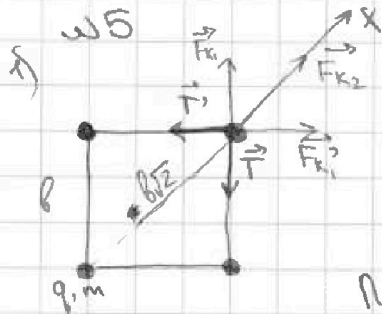
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



В силу симметрии  
и в силу натяжения нити  
одинаковые по модулю для всех  
нитей

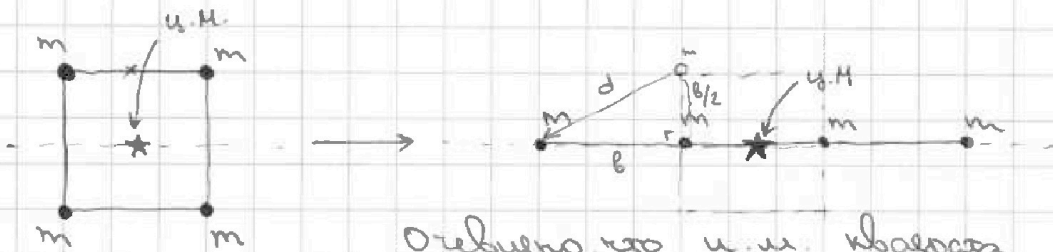
По 2 з. Ньютона  $\vec{T} + \vec{T}' + \vec{F}_{k1} + \vec{F}_{k1}' + \vec{F}_{k2} = \vec{0}$   
 $T = T'$   
 $F_{k1} = F_{k1}'$  (в силу симметрии)

Ох:  $F_{k1} + F_{k2} = k \frac{q^2}{b\sqrt{2}} + k \frac{q^2}{b} \cdot \sqrt{2} = T \cdot \sqrt{2}$

~~$k \frac{q^2}{b\sqrt{2}}$~~   $\frac{kq^2}{b} (1 + \sqrt{2}) = T \cdot \sqrt{2}$

$\frac{3kq^2}{b\sqrt{2}} = T \cdot \sqrt{2} \Rightarrow T = \frac{3kq^2}{2b}$

2) По т. о физ. ц. масс т.к. сумма внешних сил не изменилась (так же равна нулю), то ц. масс не сместится



Очевидно, что ц.м. квадрата находится в его середине

3)  $d = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + b^2} = b \sqrt{\frac{1}{4} + 1} = \frac{b\sqrt{5}}{2}$

Ответы 1)  $T = \frac{3kq^2}{2b}$

2)  $d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$



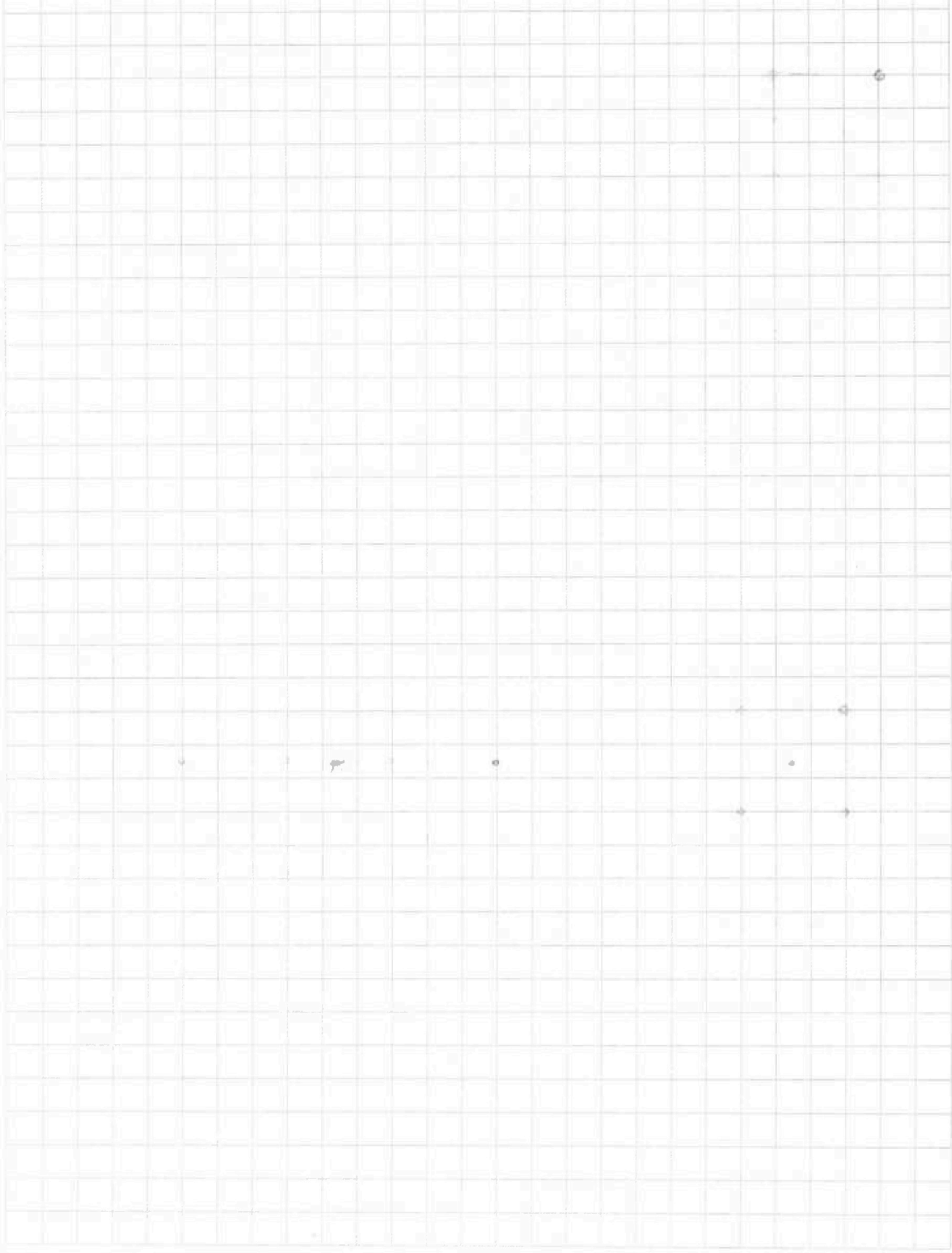
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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"/>



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



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 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!

$$|A_{23}| = |C_{23} \Delta T_{23} \cdot V - \frac{i}{2} V R \Delta T_{23}| = T_1 (4 - 2^{1.5}) V \cdot R \approx 1.2 T_1 V R$$

$$A_{12} = 1.5 T_1 V R \quad (\text{Аналогично с } A_{23})$$

$$|A_{31}| = 1.8 T_1 V R$$

$A_{22}$

$$\star \frac{|A_{23}| + |A_{31}|}{2} = A_{12}$$

$$4p_1 V_1 = 24 p_2 V_2$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  
  2  
  3  
  4  
  5  
  6  
  7

МФТИ

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

114

~~Температура~~  $c_{mol} = \frac{Q}{T}$

$Q = c \cdot T$

$Q = A_{12} + \Delta U = c_{12} \cdot \Delta T = c \cdot \Delta T \cdot \nu$

$R = \frac{\Delta H}{\nu}$   
моль · К  
 $\nu = 1 \text{ моль}$

~~3~~  
~~2~~

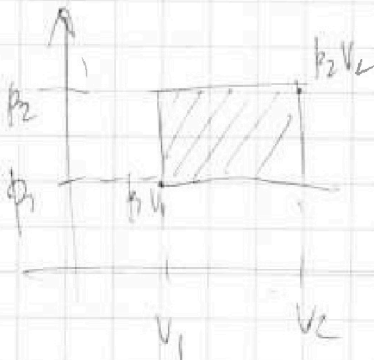
$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$     $C_p = C_v + R$

$A_{12} = p_2 V_2 - p_1 V_1$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$

$p_2 V_2 = \nu R T_2$

$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$



$(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$

$= 1200 \cdot \frac{1}{2} \cdot 8.31 = 600 \cdot 8.31$

$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \Delta T \nu - \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \Delta T \nu (C_{12} - \frac{i}{2} R)$

$1200 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 8.31 - \frac{3}{2} \cdot 8.31)$

~~$\eta = \frac{A}{Q}$~~

$\eta = \frac{Q_{12} - Q_{23}}{Q_{12}} = \frac{Q_{12} - Q_{23}}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{23}}{Q_{12}}$

$= 1 - \frac{C_{23} \Delta T_{23} \nu}{C_{12} \Delta T_{12} \nu} = 1 - \frac{2.5 \cdot R \cdot (2^{15} - 1) + 0.5 \cdot R \cdot (4 - 2^{15})}{2 \cdot 8.31}$

$1200 \cdot \frac{1}{2} = 600$

$600 \cdot 1$

$6 \cdot 8.31 \cdot 600 = \frac{1 \cdot 831}{4986}$

$= 1 - \frac{2.5(2^{15} - 1) + 0.5(4 - 2^{15})}{2 \cdot 8.31}$

$= 1 - \frac{2.5 \cdot 2^{15} - 2.5 + 2 - 0.5 \cdot 2^{15}}{2 \cdot 8.31}$

$= 1 - \frac{2^{15}(2.5 - 0.5) - 0.5}{2 \cdot 8.31}$

$= 1 - \frac{2^{15} - 0.5}{2 \cdot 8.31}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:



- 1  
  2  
  3  
  4  
  5  
  6  
  7



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

$$v^2 = v_0 + u$$

$$(v_0 + u) - at = u$$

$\frac{2v_0 + u}{2}$   
 $v_0 + u$

$$v_0 - at = 0 \Rightarrow t = \frac{v_0}{a} = 2c.$$

$$L = \frac{v_0^2 + u^2 + 2v_0 u}{2} \cdot t = 8m.$$

~~u~~ ~~v~~ ~~N~~ ~~3~~

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

~~$\frac{F}{m} \cdot \cos \alpha$~~  ~~ray~~  $F_{fp} = \mu N = \mu (mg - F \sin \alpha)$

~~Ray~~  $F_{fp2} = \mu mg$

$$a_1: \frac{F \cdot \cos \alpha - F_{fp1}}{m} =$$

$$= \frac{F}{m} \cdot \cos \alpha - \mu g + \frac{\mu \cdot F \cdot \sin \alpha}{m}$$

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

$$\frac{F}{m} - \mu g = \frac{F}{m} \cdot \cos \alpha - \mu g + \mu \cdot \frac{F \cdot \sin \alpha}{m} \quad a_1 = a_2$$

$$\left(\frac{F}{m}\right) (1 - \cos \alpha + \mu \sin \alpha) = 0 \quad a_2: \frac{F - F_{fp2}}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$$

$$\frac{1 - \cos \alpha}{\mu \sin \alpha} = \frac{\cos \alpha - 1}{1 - \mu g} = \frac{F}{m} - \mu g = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \sin \alpha) - \mu g$$

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

2)  $\mu g$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

W2

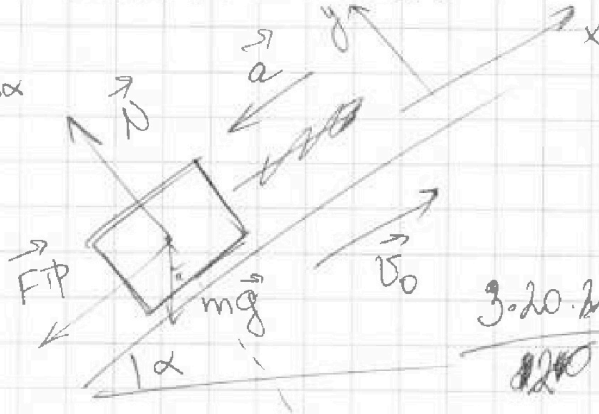
$\sin \alpha = 0,8$   
 $v_0 = 4 \text{ м/с}$   
 $\mu = 1/3$

$\Rightarrow \cos \alpha = 0,6$



$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha$

~~max~~



max

$\frac{3 \cdot 20 \cdot 20}{2 \cdot 20} - \frac{10 \cdot 20 \cdot 20}{2 \cdot 20 \cdot 20}$   
 $= 3 \cdot 20 - 5 = 55 \text{ м}$

$0_x: -ma = -F_{\text{тр}} - mg \cdot \sin \alpha$

$-ma = -\mu mg \cdot \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha$

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

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

$v_0 = at$

$v_0 = g (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) t \Rightarrow$

$\Rightarrow t = \frac{v_0}{g (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}$

$\frac{4}{10}$

Движение равноускоренное (равнозамедленное)

$S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

$S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

$\frac{at^2}{2} - v_0 t + S = 0$

$t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2aS}}{a}$

$20 \cdot 0,6 =$

$= 2,6512$

$= \frac{4 \pm \sqrt{16 - 2 \cdot 10 \cdot 0,6}}{10}$

$= \frac{4 \pm \sqrt{16 - 12}}{10} = \frac{4 \pm 2}{10} = \frac{4+2}{10} = 0,6 \text{ с.}$

Ответ:  $0,6 \text{ с.}$

$\frac{9}{5} \cdot \frac{8}{10} = \frac{36}{50} = \frac{36}{25} \cdot 4 = \frac{144}{25} = 5,76$

$\frac{4}{10 \cdot (\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8)}$   
 $= \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с.}$

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

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

$= \frac{16}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = \frac{8}{10}$

$= 0,8 \text{ м}$

$\frac{36}{20} = 1,8$

0,9

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!

$w1$   
 $T=2c$   
 $S=20m$

Когда мяч поднимается на максимальную высоту

$v_0; H_{max}$

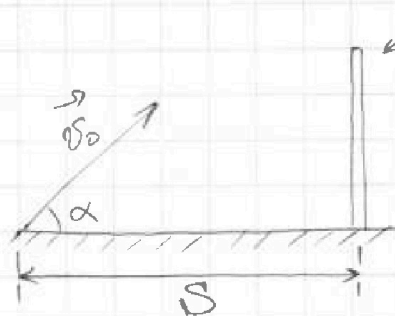
~~$h = \frac{gT^2}{2}$~~   ~~$v_0 = gT$~~   $v_0 = gT = 20^4/c$

$$\frac{3 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 20 - 10 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 20}{2 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 20}$$

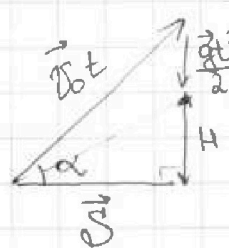
$$\frac{5 \cdot 20 \cdot 20 - 10 \cdot 10}{2 \cdot 10}$$

$$3 \cdot 20 \cdot 2 - 10$$

$$\frac{2}{2} = 110 \cdot 55m$$



← стена



$v_0 H \rightarrow \max$

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

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

$$v_0 \sin \alpha = \frac{gt^2}{2} + H$$

$$\frac{v_0 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha} = \frac{g \cdot S}{v_0 \cos \alpha} + \frac{H}{v_0 \cos \alpha}$$

$$S \cdot \tan \alpha = g \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} + H$$

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

$S \tan \alpha =$

$$= \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} + H$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\tan^2 \alpha + 1 =$$

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

$g$

~~$$\frac{gS^2}{2v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1) - S \tan \alpha + H = 0$$~~

$$H = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$

$H \rightarrow \max$

$$\frac{gS}{2v_0^2} = \frac{2v_0^2}{gS}$$

$$H(\tan \alpha)$$

$$H = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$H = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{4v_0^4}{g^2 S^2} + g \cdot \frac{2v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{2v_0^2}{g} + \frac{2v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{4v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

↑  
 квадратная парабола ветви вниз  
 максимум в вершине

$$-\frac{b}{2a} = \frac{2v_0^2}{g} = H_{max}$$

$g$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

МФТИ

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



W4

$$T_2 = 4T_1$$

$$\begin{aligned}
 p_1 V_1 &= p_2 V_2 \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{4} \\
 \frac{p_1 V_1}{T_1} &= \frac{p_3 V_3}{T_3} \Rightarrow p_1 V_1 = \frac{p_3 V_3}{2^{15}} \\
 \frac{p_2 V_2}{4} &= \frac{p_3 V_3}{2^{15}} \\
 \frac{p_2 V_2}{2^2} &= \frac{p_3 V_3}{2^{15}} \\
 S &= \frac{v_0 + v}{a} t = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4 p_1 V_1 &= p_2 V_2 \quad 2^{15} \\
 t &= \frac{v_0 - v}{a} \quad 2 \\
 \sqrt{2^5} & \\
 2^2 + 2^{25} & \\
 2 \cdot 2^{25} & \\
 2^3 & \\
 = 2^{15} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{23} \Delta T_{23} \cdot V - \frac{1}{2} \cdot V \cdot R \cdot \Delta T_{23} & \\
 = 0,5 R \cdot T_1 (4 - 2^{15}) \cdot V & \\
 \Delta T_{23} \cdot V (C_{23} - \frac{1}{2} R) & \\
 = T_1 (4 - 2^{15}) \cdot V (0,5 R - \frac{3}{2} R) & \\
 = T_1 \cdot 2^8 \cdot R \cdot V &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2 \cdot 14 &= 28 \\
 4 - 2^8 &= 112 \\
 2^8 - 1 &= 255 \\
 2^8 - 1 &= 255
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 112 \cdot 400 \cdot 10^3 & \\
 112 \cdot 400 & \\
 \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 400 & \\
 15 \cdot 400 & \\
 A_{2P} A_{3P} &
 \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

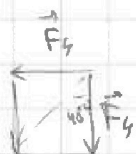
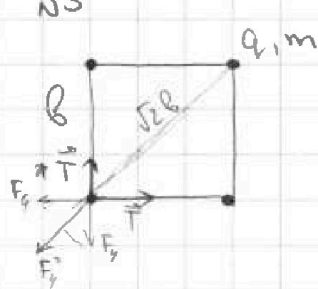
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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

№5



В силу симметрии все равно  
→ все члены одинаковы

~~$k \frac{q^2}{a}$~~   $k \frac{q^2}{a}$

~~$k \frac{q^2}{a}$~~   $k \frac{q^2}{a} \sqrt{2} + k \frac{q^2}{a} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$

$k \frac{q^2}{\sqrt{2}a}$

$= \frac{kq^2}{a} (\sqrt{2} + \frac{1}{\sqrt{2}}) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{3}{\sqrt{2}}$

$T \cdot \sqrt{2} = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{3}{\sqrt{2}} \Rightarrow T = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{3}{2} = \frac{3kq^2}{2a}$

По т. о ч-месс





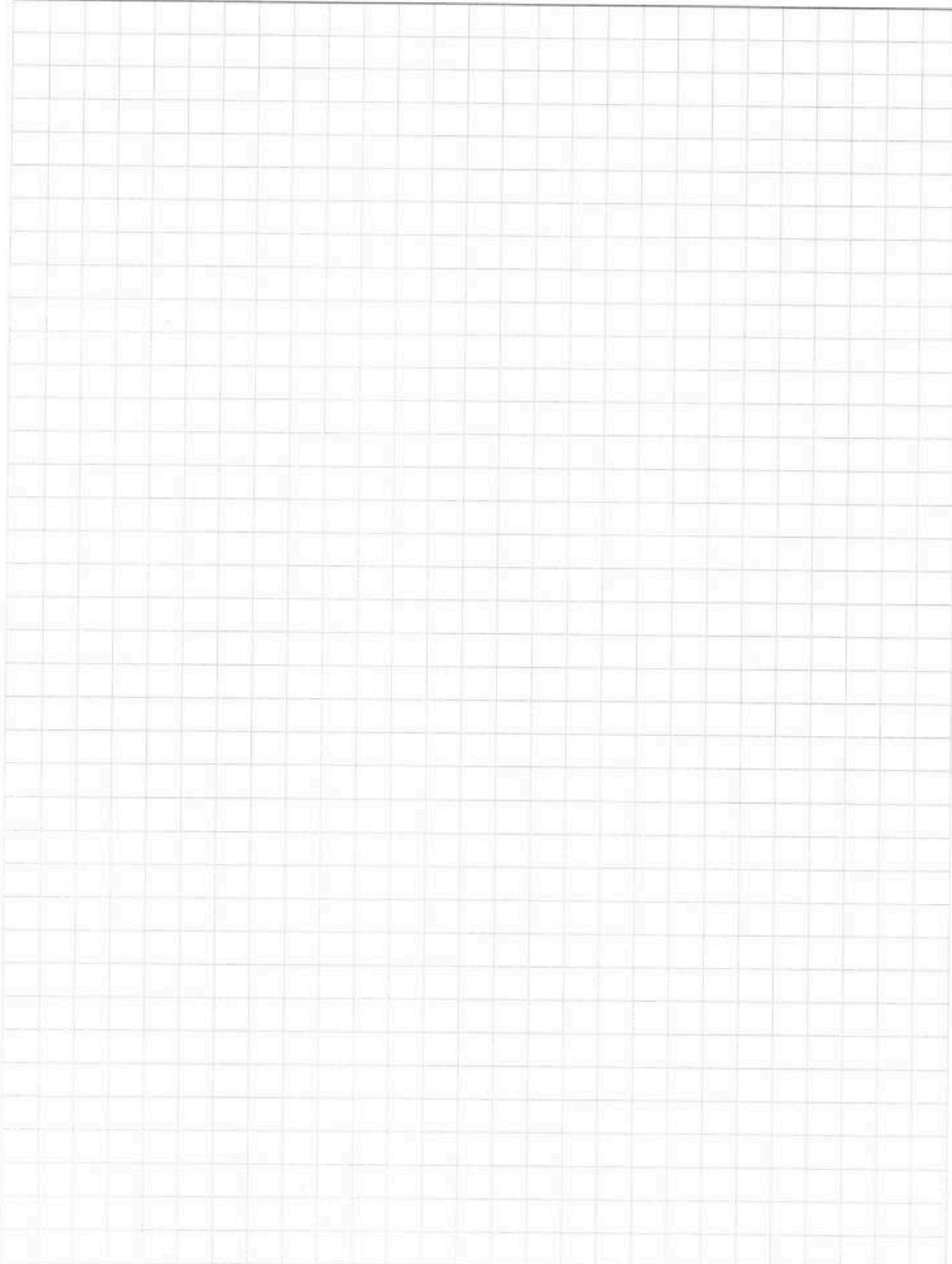
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 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!

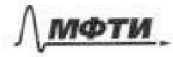




На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 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!

