



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.

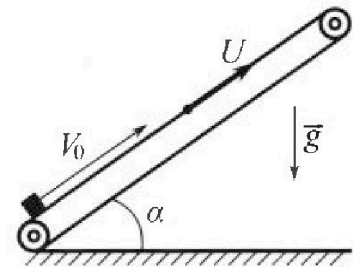
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.

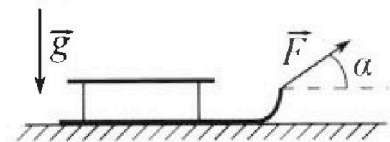
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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  $g$ .

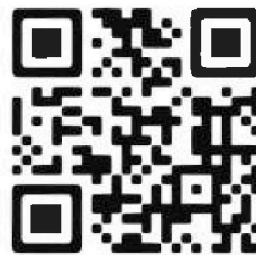
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.





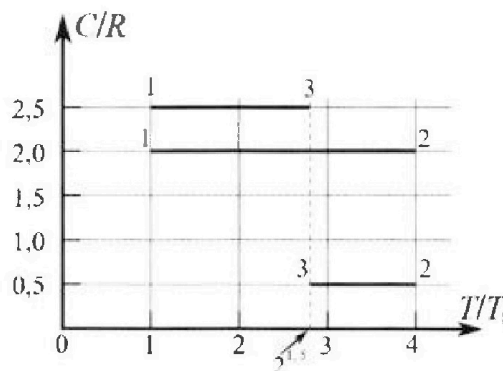
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01



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

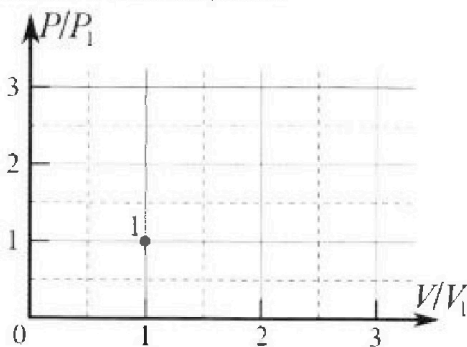
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



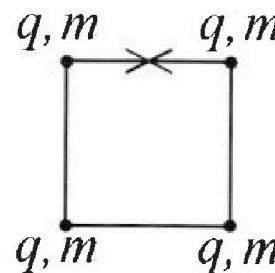
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

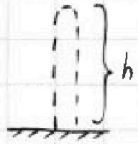
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



√1



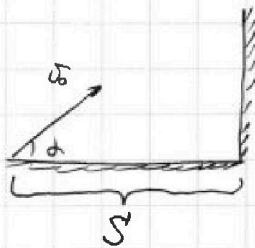
1) Так как на максимальную

высоту нис падает за время  $T$ :

$v_0 = gT$  - скорость в верхней точке  $= 0$

$v_0 = 20 \text{ м/с}$

2)



$\alpha$  - угол к горизонту

$v_0 \cos \alpha T = S$ ;  $T$  - время полета

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

$v_0 \sin \alpha T - \frac{gT^2}{2} = H$ ;  $H$  - высота удара

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

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

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

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

максимум в нулевом вырежении достигается

в вершине параболы: при  $\tan \alpha = 0$ :

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

подставив нулевой  $\tan \alpha$  в (1):

$H_{\max} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = 25 \text{ м}$   $\frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = 15 \text{ м}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

Ответ:  $\sigma_0 = 20 \text{ МПа}$  ;  $H_{max} = 25 \text{ м}$

$5 \text{ МПа}$



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!

При этом коробке потребуется пройти путь  $s_2 = s + s_1$   
39 время  $J_2$ : с нулевой нач. скоростью:

$$s_2 = \frac{a_2 J_2^2}{2}$$

$$J_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{10(s+s_1)}{3g}}$$

$$J_2 = \sqrt{\frac{10(1+0,4)}{3 \cdot 10}} = \sqrt{0,6} \approx 0,77 \text{ с}$$

$$T = J_1 + J_2 \approx 1,17 \text{ с}$$

2) Скорость коробки  $v$  нач. момент  $t_0$   
ленты:  $v = v_0 - U$

коробка будет иметь скорость  $U$  в ленте.

или  $t_0$  при  $t_0$  когда скорости совпадают относительно ленты:

при этом коробка будет двигаться с ускорением

$a_1$ , найдем  $t_0$  в м.т

$$\text{Тогда коробка пройдет: } L = \frac{v^2 - U^2}{2a_1} = \frac{v_0^2 - U^2}{2g}$$

$$L = \frac{16 - 4}{20} = 0,6 \text{ м}$$

3) скорость  $U$  коробки станет равной нулю  
в момент, когда ее скорость отн. ленты:

$U_1 = 2 \text{ м/с}$  и направл. против направл. ленты:

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!

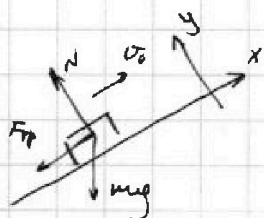


При этом лента срежется на  $L_2$ :

$$L_2 = U \cdot t = \frac{U(\sigma_0 - U)}{g}$$

$$L = L_1 + L_2 = \frac{(\sigma_0 - U)}{g} \left( U + \frac{\sigma_0 - U}{2} \right) = \frac{\sigma_0^2 - U^2}{2g}$$

$$L = \frac{4^2 - 2^2}{2 \cdot 10} = \frac{12}{20} = 0,6 \text{ м}$$



1) по II закону Ньютона:

$$x: mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = ma$$

$$y: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N - \text{шлякете}$$

отсюда:

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

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

При движении вверх коробка максимум удалится

на  $S_1$  за время  $T_1$ :

$$S_1 = \frac{U^2}{2a} = \frac{U^2}{2g} = 0,8 \text{ м} \quad T_1 = \frac{U}{a} = \frac{U}{g} = 0,4 \text{ с}$$

После этого коробка начнет двигаться вниз

При движении вниз:

$$x: mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_2$$

$$a_2 = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) g \quad a_2 = \frac{3}{5} g - \text{напр вниз}$$

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!



при этом после остановки (отр. ленты) ускорение  
станет равным  $a_2$

$$l = \frac{v^2}{2a_2} = 6 \text{ м} \quad \text{лента}$$

$l$  - путь от точки  $\angle$

$$l = 2 \cdot \frac{4.5}{3g} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

за время  $T$ :  $v = a_2 T$   $T = \frac{v}{a_2}$

$$T = \frac{2.5}{3g} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

лента сместится на:

$$l' = vT = \frac{2}{3} \text{ м}$$

смещение пути в лод. со:

$$\Delta L = l' - l = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$H = (l + \Delta L) \sin \alpha = 0.9 \cdot \frac{4}{5} \approx 0.72 \text{ м}$$

Ответ:  $T = 1,17 \text{ с}$ ;  $L = 0,6 \text{ м}$ ,  $H = 0,36 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

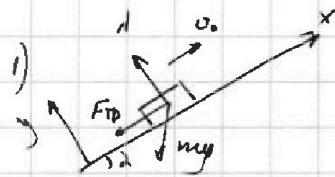
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

$\sqrt{2}$



по II 3-му закону

$$x: F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma$$

$$y: \sqrt{2} mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N - \text{использование}$$

тогда:

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

Необходимое время для прохождения  $S$  с  $T$ :

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

$$\frac{g}{2} T^2 + v_0 T - S = 0$$

$$D = \sqrt{v_0^2 - 2Sg} < 0 \Rightarrow \text{лишнее сообщим}$$

скорости направленную вниз!

тогда по II 3-му закону:

$$F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = ma_x$$

$$\sqrt{2} mg \cos \alpha$$

$$\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma_x$$

$$a_x = (\mu g \cos \alpha - \sin \alpha) g = -\frac{3}{5}g - \text{направлено вниз}$$

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

$$S = \frac{3}{10} g T^2 + v_0 T - S = 0$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

$$\Delta s = 2l = 4^2 + 4 \cdot 3 = 28$$

$$\Delta s = \frac{v_0^2 + \frac{6}{5} g s}{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + \frac{6}{5} g s}}$$
$$T = \frac{\frac{6}{5} g s}{\frac{6}{5} g}$$

$$T \approx \frac{-4 + \sqrt{28}}{10} \cdot \frac{5}{3} = \frac{-4 + \sqrt{28}}{6} \approx \frac{-4 + 5,3}{6} \approx 0,22 \text{ с}$$

2) скорость коробки в со земли будет складываться из скорости ленты  $U$  и скорости коробки. Тогда в начальный момент времени

$$v_0 = U + v$$

Коробке сообщают скорость направленно вверх, иначе скорость  $U$  достигаться не будет.

В со транспортера скорость коробки в нач. момент  $v = v_0 - U$

При этом ускорение коробки будет равно ускорению в н.с (даже  $\vec{v}_0$  вверх по плоскости)

Коробка затормозит от ленты за время  $T$ :

$$aT = v \quad a = g$$

$$T = \frac{v_0 - U}{g}$$

пройдем от ленте при этом  $L = \frac{v_0^2}{2g}$

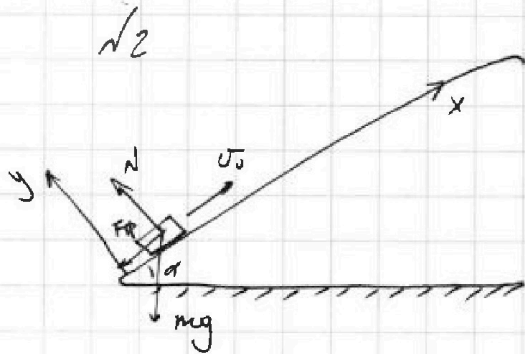
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$m$  - масса коробки

$$O_x: ma = F_{тр} + mg \sin \alpha$$

$$O_y: N = mg \cos \alpha$$

коробка скользит  $\Leftrightarrow F_{тр} = \mu N$

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

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

1) Тогда путь  $S$  коробка пройдет за  $T$ :

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

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

$$\mu \cos \alpha + \sin \alpha = \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} = 1$$

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

$$\frac{g}{2} T^2 - v_0 T + S = 0$$

$$D = v_0^2 - 2gS$$

$$T = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gS}}{g}$$

$D < 0 \Rightarrow$  коробка остановится somewhere before  $S = 1m$

2) Скорость коробки относительно земли

будет равна:  $v_k = v + U$

$v_k$  - скорость коробки отн. земли в некоторый момент

$v$  - скорость коробки отн. ленты в тот же момент.

$v_0 = \frac{10 \cdot 100}{10 \cdot 10} = 100$

$v_0 = 100$

$v_0 = 100$   
 $v_0 = 100$   
 $v_0 = 100$   
 $v_0 = 100$

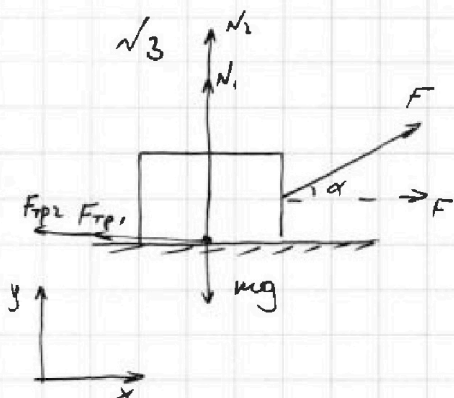
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



для случая, когда  $\vec{F}$  под

углом к горизонту:

$$O_x: F \cos \alpha - F_{тр1} = ma,$$

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

$$F_{тр1} = \mu N_1 \quad - \text{скольжение}$$

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

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

для второго случая,  $\vec{F}$  - напр. горизонтально:

$$O_x: F - F_{тр2} = ma_2$$

$$O_y: N_2 = mg$$

$$F_{тр2} = \mu N_2 \quad - \text{скольжение}$$

1) т.к. в обоих случаях скорость  $v_0$  достигается за одинаковое время (пусть  $T$ ):

$$a_1 T = a_2 T = v_0 \quad \Rightarrow \quad a_1 = a_2 = a$$

$$\begin{cases} F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma \\ F - \mu mg = ma \end{cases}$$

$$F = F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

2) После прекращения действия  $F$  в обоих случаях?

$$a: F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$g: N = mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$a = \mu g$$

Тогда:

$$aT = v_0$$

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

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

$$\text{Ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; \quad T = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

✓4

1) Для процесса 12:

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

$$Q_{12} = C_{12} \sqrt{2} \Delta T_{12} \quad C_{12} - \text{мольная теплоемкость в процессе}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{2} R \Delta T_{12} \quad - \text{из формулы}$$

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

$$A_{12} = \sqrt{2} \Delta T_{12} \left( C_{12} - \frac{3}{2} R \right) \quad \Delta T = T_2 - T_1, \text{ пользуясь графиком}$$

$$A_{12} = 3 \sqrt{2} T_1 \left( C_{12} - \frac{3}{2} R \right) = \frac{3}{2} \sqrt{2} R T_1 \quad T_2 = 4T_1, \Delta T = 3T_1$$

$$A_{12} = 3 \sqrt{2} R T_1 \left( 2 - 1,5 \right) = 3 \cdot 1,414 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot \frac{1}{2} = 881,6 \text{ Дж}$$

$$A_{12} = 4986 \text{ Дж}$$

2)  $\eta = \frac{A}{Q}$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{2} R T_1$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} R \Delta T_{23} + \frac{3}{2} R \Delta T_{23}, \quad C_{23} = \frac{1}{2} R \text{ из граф.}$$

$$A_{23} = -\sqrt{2} R \Delta T_{12}$$

$$\Delta T_{12} = -4T_1 + 2^{1,5} T_1 \quad - \text{из графика}$$

$$A_{23} = \sqrt{2} R T_1 (4 - 2^{1,5})$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$$

$$C_{31} = 2,5 R \quad - \text{из графика}$$

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!

$$A_{31} = \frac{5}{2} R \Delta T_{31} - \frac{5}{2} R \Delta T_{31} = \Delta T_{31}$$

$$\Delta T_{31} = T_1 - 2^{1.5} T_1 \quad \text{— из графика}$$

$$A_{31} = \Delta T_{31} = \Delta T_1 (1 - 2^{1.5})$$

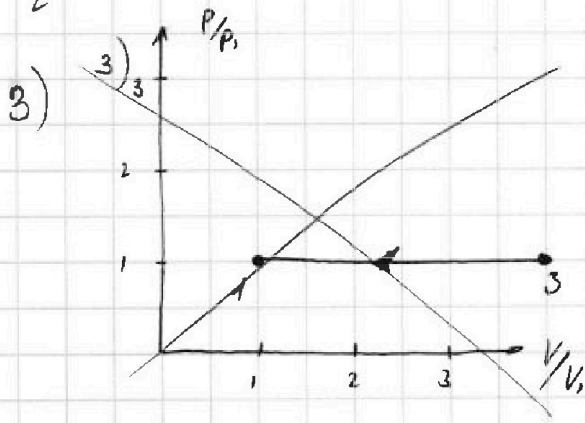
$$A = A_{21} + A_{23} + A_{13} = \frac{3}{2} \Delta T_1 + \Delta T_1 (1 - 2^{1.5}) + \Delta T_1 (4 - 2^{1.5})$$

$$A = \Delta T_1 \left( \frac{13}{2} - 2 \cdot 2^{1.5} \right)$$

$$Q = Q_{12} = 8 R \Delta T_1$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{13}{12} - \frac{2 \cdot 2^{1.5}}{6} \approx \frac{13}{12} - \frac{2 \cdot 2.828}{6} = 1.08 - 0.913 = 0.17$$

$$\eta \approx 17\%$$



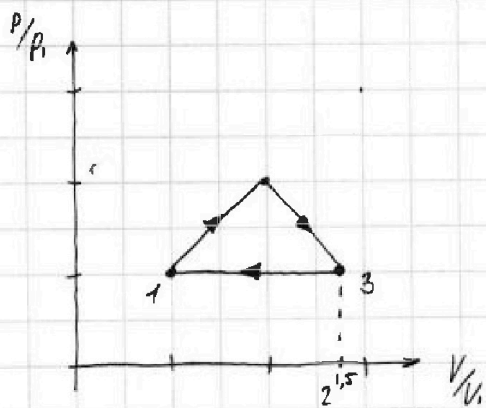
процесс 31 — изобарный

т.к.  $c_{31} = c_p = \frac{5}{2} R$

$$P_1 = P_3$$

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

$$V_3 = \frac{T_3}{T_1} V_1 = 2^{1.5} V_1$$



т.к.  $c(T)$  — линейная зависимость

все участки графика — отрезки

цикла. Тогда работа на

участках 12 и 23:

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) \quad A_{23} = \frac{P_2 + P_3}{2} (V_3 - V_2)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



учтем, что  $p_1 = p_3$

$$A_{23} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_3 - V_2)$$

$$\frac{A_{23}}{A_{12}} = \frac{V_3 - V_2}{V_2 - V_1} \quad V_3 = 2^{1,5} V_1$$

$$\frac{A_{23}}{A_{12}} \cdot A_{12} (2^{1,5} V_1 - V_2) = A_{23} (V_2 - V_1) : |V_1$$
$$A_{12} (2^{1,5} - \frac{V_2}{V_1}) = A_{23} (\frac{V_2}{V_1} - 1)$$

$$\frac{V_2}{V_1} \cdot (A_{12} + A_{23}) = 2^{1,5} A_{12} + A_{23}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{2^{1,5} A_{12} + A_{23}}{A_{12} + A_{23}}$$

$$A_{23} = \sqrt{RT_1} (4 - 2^{1,5}) \approx 831 \cdot 400 \cdot (4 - 2,85)$$
$$= 831 \cdot 5 = 4155 \Delta^*$$

$$\frac{V_2}{V_1} \approx \frac{2,85 \cdot 5000 + 4150}{4150 + 5000} = \frac{18200}{9150} = 2$$

$$A_{11} = (p_1 + p_2) \frac{V_1}{2}$$

$$p_1 = 2 \frac{A_{11}}{V_1} = p_1$$

$$p_2 V_2 = 4 \sqrt{RT_1}$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{RT_1}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 4 \frac{V_1}{V_2} = 2$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

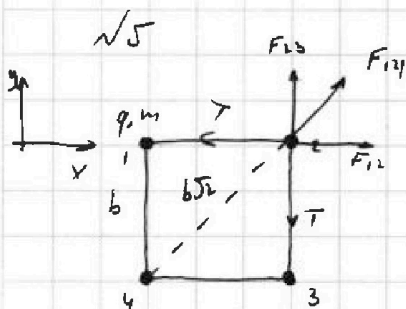
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



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



$F_{ij}$  - сила взаимод.  $i$  и  $j$  зарядов.

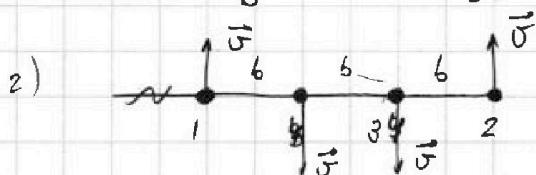
1) Из симметрии все силы натяжения равны. Тогда достаточно найти рассмотреть

один заряд:

$$U_1: T = F_{12} + F_{14} \cos \alpha \quad \alpha = 45^\circ$$

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

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



Начальная энергия системы  $W_0$ :

$$W_0 = 4k \frac{q^2}{b} + 2k \frac{q^2}{b\sqrt{2}}$$

Энергия в момент, когда заряды на орбите прямой:

$$W = 4 \cdot \frac{mv^2}{2} + 3k \cdot \frac{q^2}{b} + 2k \cdot \frac{q^2}{2b} + k \frac{q^2}{3b}$$

ЗСЭ: скорости 1 и 2, шарика в этот момент

будут одинаковы равны исходя из симметрии, и направлены

↓ вниз. Суммарный импульс системы = 0, тогда все

скорости равны.

$$\text{ЗСЭ: } W = W_0$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

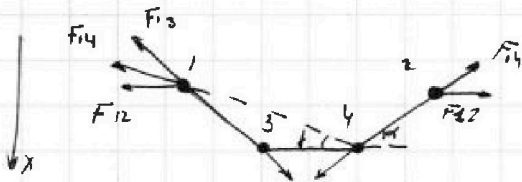
$$2m\sigma^2 + 4k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{3b} = 4k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{b} \sqrt{2}$$

$$2m\sigma^2 = k \frac{q^2}{b} \left( 4 + \sqrt{2} - \frac{1}{3} - 4 \right)$$

$$\sigma^2 = k \frac{q^2}{2mb} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$\sigma = \sqrt{k \frac{q^2}{mb} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{6} \right)}$$

3) Система в некоторый момент времени:



Ускорения шаров 3 и 4 равны и направлены

↓ их соединяющей линией

$$x: F_{13} \sin \alpha + F_{23} \sin \beta = m a$$

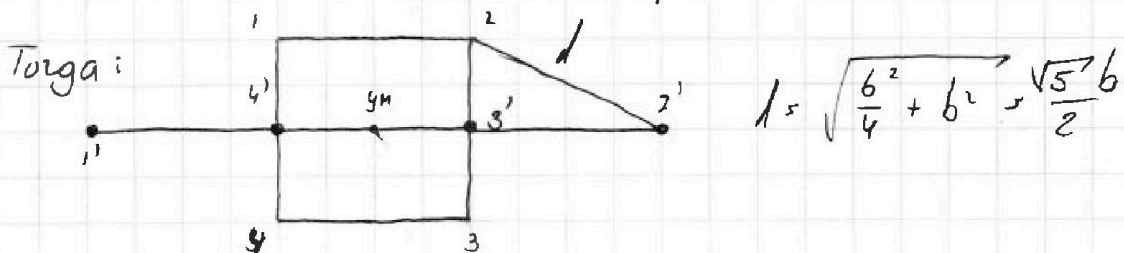
$\sum_{y,i} = 0$   $\sum_{x,i} = 0$  - все шары внутри.

Тогда положение центра масс системы в

кач. и кон. моменты совпадают:

В кач. момент центр масс - центр квадрата

В кон. момент - центр отрезка 12





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!



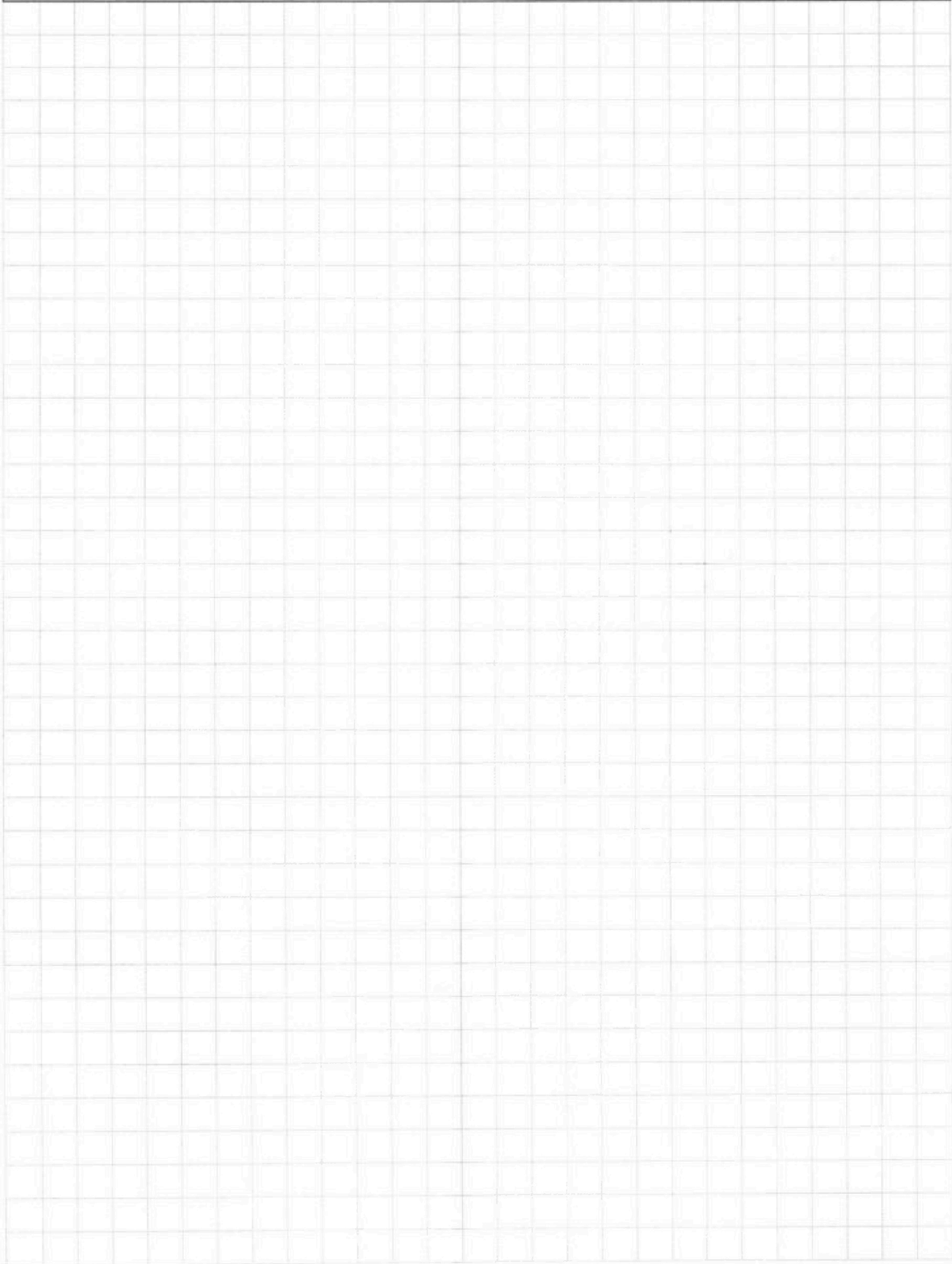
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!

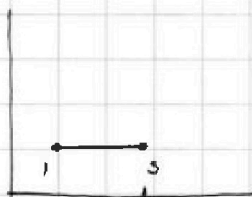


$$F_{\cos \alpha} - F_{\text{тр1}} = a_1$$

$$F - F_{\text{тр2}} = a_2$$

$$V_0 = a_1 t$$

$$C_p = \frac{5}{2} R = 3,5$$



$$\rho_1 V_1 = T_1$$

$$\rho_1 V_3 = 2^{1,5} T_3$$

$$\begin{array}{r}
 77 \\
 77 \\
 539 \\
 539 \\
 5929
 \end{array}$$

$$V_3 = 2^{1,5} V_1$$

$$3 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot \frac{1}{2} = 831 \cdot 6$$

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

$$\begin{array}{r}
 831 \\
 5 \\
 \hline
 4986
 \end{array}$$

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

$$\mu \frac{1}{5} = \frac{4}{5}$$

$$\begin{array}{r}
 1,3 \\
 1,3 \\
 3,9 \\
 1,3 \\
 1,69 \\
 1,3 \\
 0,447
 \end{array}$$

$$a = g$$

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

$$\frac{4}{20} + 2 \cdot \frac{2}{60}$$



$$2^{1,5}$$

$$A_{13} = C_p \Delta T = 2 \cdot \frac{5}{2}$$

$$\frac{3}{2} + 1 - 2^{1,5} + 4 - 2^{1,5}$$

$$\frac{5+8}{2} = \frac{13}{2} - 2 \cdot 2^{1,5}$$

$$\begin{array}{r}
 13 \overline{) 12} \\
 12 \phantom{0} \\
 \hline
 100 \phantom{0} \\
 100 \phantom{0} \\
 \hline
 08
 \end{array}$$

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

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

$$\sqrt{2} \approx 1,4$$

$$\begin{array}{r}
 2,74 \overline{) 15} \\
 27 \phantom{0} \\
 \hline
 04 \phantom{0} \\
 04 \phantom{0} \\
 \hline
 1080 \\
 996 \\
 \hline
 17
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 1,4 \\
 4,4 \\
 56 \\
 1,42 \\
 1,96 \\
 14 \\
 784 \\
 196 \\
 2,744
 \end{array}$$

$$\frac{2,7}{3}$$

$$2,8$$



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!



$$\begin{aligned} U_0 \cos \alpha \cdot T &= S & T &= \frac{S}{U_0 \cos \alpha} & \sqrt{28} \\ U_0 \sin \alpha \cdot T - \frac{gS^2}{2} &= H & & & 53 \\ S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2U_0^2 \cos^2 \alpha} &= H & & & 53 \\ & & & & 159 \\ & & & & 265 \\ & & & & 2809 \\ & & & & 5,3 \end{aligned}$$

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

$$S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2U_0^2} (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) = H$$

$$S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2U_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{gS^2}{2U_0^2} = H$$

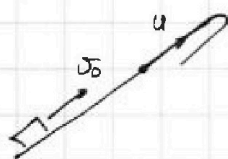
$$H_{\max} = -\frac{b}{2a}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2S U_0^2}{2gS^2}, \quad \frac{U_0^2}{gS} = \frac{400}{200} = 2$$

$$40 - 10 = \frac{400 \cdot 0}{400 \cdot 2} = 40 - 15 = 25 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 13 \overline{) 6} \\ 12 \overline{) 2,2} \\ 10 \\ \hline \end{array}$$

$\sqrt{2}$



$$5 = U_0 T - \frac{gT^2}{2}$$

$$1 = 4T - 5T^2$$

$$\frac{U_0}{g} = T = 0,4$$

$$1,6 - 5 \cdot 0,16 = 1,2$$

$$4 \pm 16 - 20$$

$$5T^2 - 4T + 1 = 0$$

$$D = 16 - 20$$

$$\frac{46}{2 \cdot 10} =$$

$$\begin{array}{r} 5T^2 \\ -40 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \sqrt{\phantom{0}} \\ 16 \\ 10 \cdot 0,16 \\ \hline \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

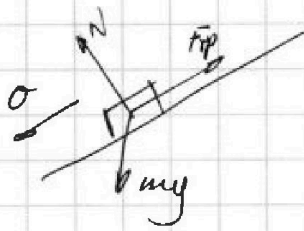
Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$$\frac{2}{9} \quad 0,2$$

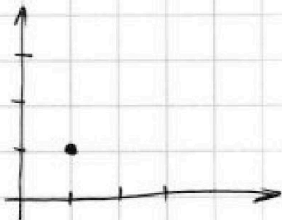
$$\frac{1,8}{1,5} \frac{15}{3} = 0,36$$

$$\frac{4}{20} \quad 0,2$$

$$2 \cdot 0,2 = 0,4$$

$$16$$

$$\frac{4 \cdot 5}{59} = \frac{20}{59}$$



$$T = \frac{pV}{p}$$

$$\frac{2}{3}$$

$$= 2$$

$$1,96$$

$$1,4$$

$$4,84$$

$$1,96$$

$$2,744$$

$$2,75$$



F

$$T_0 = 4T_1$$

$$p_1 V_1 = T_1$$

$$p_2 V_2 = T_2$$

$$\frac{11}{4} \cdot 5000$$

$$11 \cdot 1250$$

$$1250 \cdot 1$$

$$125$$

$$125$$

$$14050$$

$$\frac{18200}{9150}$$

$$pV = T$$

$$4pV = 4T$$

$$2^{1,5} \approx 1,4^3 \approx 2,75$$

$$A_{12} = 4986 \text{ kJk}$$

$$A_{23} = 8,31 \cdot 400 \cdot (4 - 2,75)$$

$$831 \cdot 4 \cdot \frac{5}{4}$$

$$4125$$

$$5 \cdot \frac{c^2}{95} - \frac{c^2}{20}$$

$$\frac{c^2}{9} - \frac{c^2}{29}$$