

# 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.

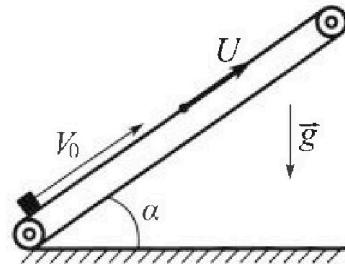
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

2) Теннисист посыпает 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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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?

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.

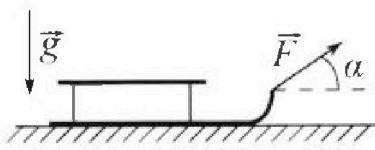
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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**

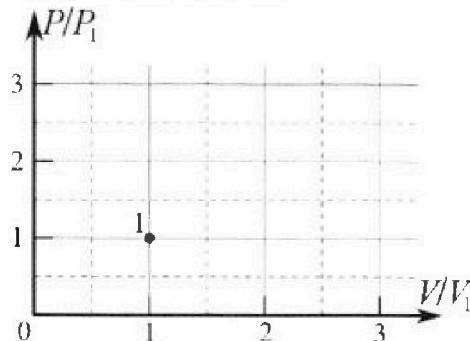
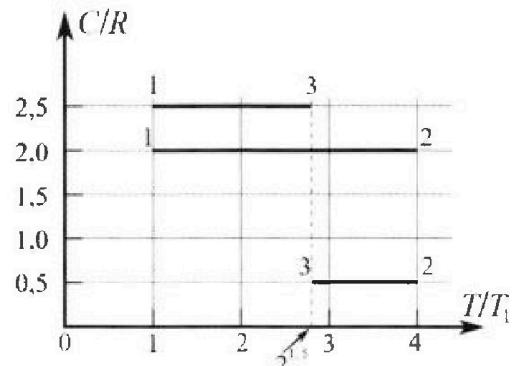
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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  $q$ .

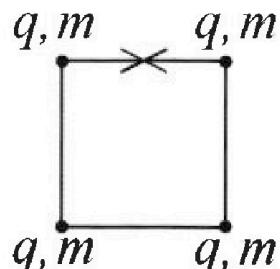
1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

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 вверху (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                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

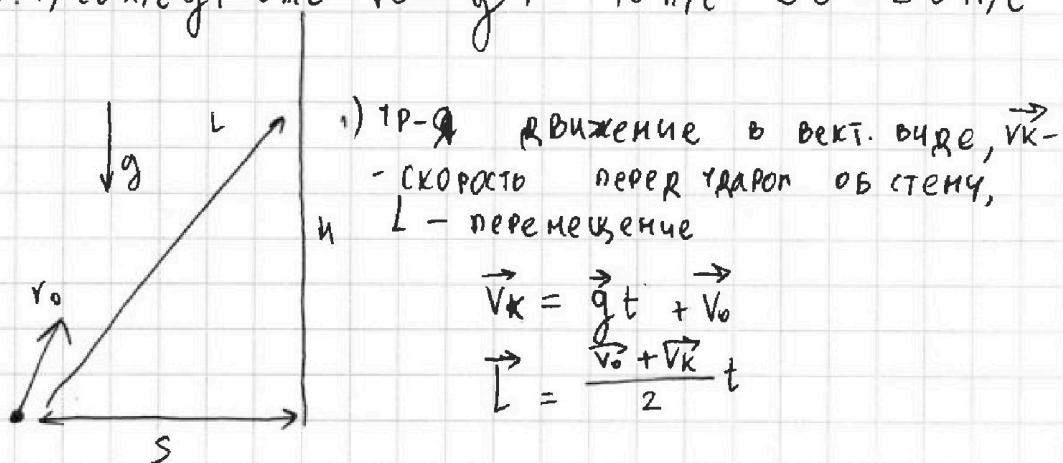
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) ЧР-е движение; на максимальной высоте  $V_K = 0$  т.к. экстремум

$$V_0 = gT = g$$

Омб.: 1)  $gT = 20 \text{ м/с}$   $V_0 = gT = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2 \text{ с} = 20 \text{ м/с}$

2)



$H_{\max}$ ?

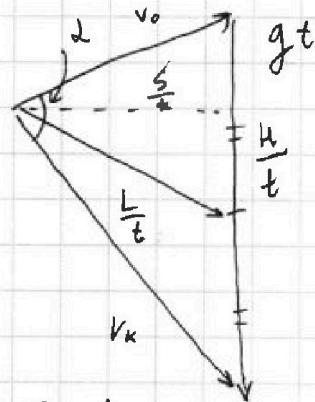
макс. высота

3) из закона  
сохр. энергии

$$V_K^2 = V_0^2 - 2gH$$

$$V_K = \sqrt{V_0^2 - 2gH}$$

2) нарисуем векторный  $\Delta$  скоростей, в нем  $\Delta$  высоты  $\frac{H}{t}$



4) запишем площадь  $S$  вект.  $\Delta$

$$S_\Delta = \frac{1}{2} \cdot g t \cdot \frac{1}{2} = V_0 \sqrt{V_0^2 - 2gH} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{2}$$

$$S_g = V_0 \sqrt{V_0^2 - 2gH} \cdot \sin \alpha$$

т.к.  $H_{\max} \rightarrow \sqrt{V_0^2 - 2gH} \min \rightarrow \sin \alpha_{\max} \quad \sin \alpha_{\max} = 1$

$$S_g = V_0 \sqrt{V_0^2 - 2gH_{\max}}$$

$$S^2 g^2 = V_0^2 (V_0^2 - 2gH_{\max})$$



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"/> |

МФТИ

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

$$S^2 g^2 = V_0^2 (V_0^2 - 2g H_{\max})$$

$$\frac{S^2 g^2}{V_0^2} = \frac{V_0^2}{V_0^2} - 2g H_{\max}$$

$$V_0^2 - \frac{S^2 g^2}{V_0^2} = 2g H_{\max}$$

$$\text{Dmb.: 2)} H_{\max} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{S^2 g}{2V_0^2} = \frac{g^2 T^2}{2g} - \frac{S^2 g}{2g^2 T^2} = \\ = \frac{g T^2}{2} - \frac{S^2}{2g T^2} = \left( \frac{10 \cdot 4}{2} - \frac{400}{2 \cdot 10 \cdot 4} \right) \text{m} = (20 - 5) \text{m} = 15 \text{ m}$$

$$\text{Dmb.: 2)} H_{\max} = \frac{g T^2}{2} - \frac{S^2}{2g T^2} = 15 \text{ m}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

$$\frac{T^2}{2} g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - V_0 T + S = 0$$
$$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2Sg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}}{\pm g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

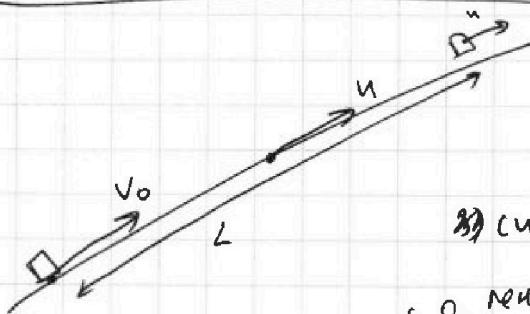
216  
2  
~~2~~  
~~2~~

надо нажать меньший корень, т.к. доехало в 1 раз  
и это лучше

$$T = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2Sg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}}{\pm g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$
$$T = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2Sg\left(\mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} + \sin \alpha\right)}}{\pm g\left(\mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} + \sin \alpha\right)}$$
$$T = \frac{4 - \sqrt{16 - 2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{64}{100}} + 0,8\right)}}{4 \cdot 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{64}{100}} + 0,8\right)} c =$$
$$= \frac{4 - \sqrt{16 - 20 \cdot (0,2 + 0,8)}}{4 \cdot 10 \cdot (0,2 + 0,8)} c = \frac{4 - \sqrt{-4}}{4 \cdot 10} c$$

$D < 0 \Rightarrow$  никогда не доедет

Ошиб.: 1)  $T \in \emptyset$



2) В с.о. ленты, в конце остановится, в начале скроет  
отм. ленты  $V_0 - u > 0$

3) силы такие же, что и в п.1

$$\text{ЧР. РВИЖ в с.о. ленты}$$
$$S_1 \quad \ddot{s} = \frac{(V_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{4}{20} m = 0,2 m$$
$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

Ошибка: 2) 0,2 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"/> |

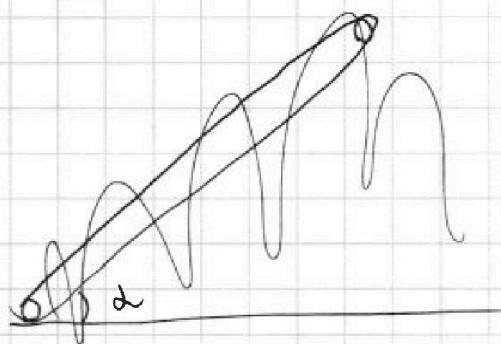
МФТИ



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

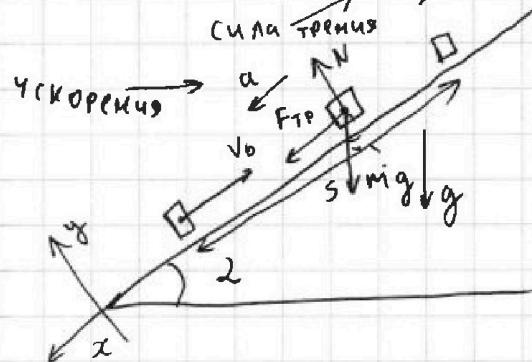
T-1

$m$  — масса коробки



1) расставим силы на скользящую коробку, т.к.

скользит  $F_{TR} = \mu N$  ← сила реакции



2) II З-и Ньютона

$$D_y: N = mg \cos \alpha \quad (F_{TR} = \mu mg \cos \alpha)$$

$$D_x: ma = F_{TR} + mgs \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha + mgs \sin \alpha$$

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

3) Ч-е движение на  $Ox$ : 3)

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

3) Закон сохр. энергии изменение кин. энергии  
← конеч. скорость

$$\frac{mv_0^2}{2} - \mu mg \cos \alpha = \frac{mv_k^2}{2} + mg s \sin \alpha$$

$$v_0^2 - 2\mu g \cos \alpha = v_k^2 + 2g s \sin \alpha$$

4) Ч-е движение на  $Ox$

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

$$\frac{T^2}{2} g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - v_0 t + S = 0$$

$\cancel{\frac{T^2}{2} g}$

$\cancel{v_0^2 - v_k^2 + 2gs =}$

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"/> |

МФТИ

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

3) В с.о. ленты, если в с.о. земли  $v_k = 0$ , то в с.о. ленты

$v_k' = -v$ , перемещение  $s$

$S = \frac{v^2 - (v_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{u - u}{2g \cdot 10} = 0 \text{ м}$

с.о. ленты

закон сохр. энергии изменение кин. энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} - \mu mg \cos \alpha \frac{u}{\sin \alpha} = mgu$$

$$v_0^2 - 2\mu g \frac{u}{\tan \alpha} = gu$$

$$u \left( g + \mu g \left( \frac{2u}{v_0^2} + 1 \right) \right) = v_0^2$$

отн. ленты

лента смещалась

$$u = \frac{v_0^2}{g \left( \frac{2\mu \cos \alpha}{\sin \alpha} + 1 \right)} =$$

$$L = S_0 + S_0'$$

$$S_0 = ut \xrightarrow{\text{демпф} \Delta t \rightarrow u} u$$

$$t = \frac{v_0 - u}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,2 \text{ с}$$

$$(демп: 2) = \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} + \frac{u(v_0 - u)}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,6 \text{ м}$$

3) если в с.о. земли  $v_k = 0$ , то в с.о. ленты  $v_k' = -u$

$S_1'$  — перем. отн. ленты

$$S_1' = \frac{u^2 - (v_0 - u)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0 \text{ м}$$

$S_0'$  — перем. ленты

$$S_0' = ut = \frac{uv_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{2 \cdot 2}{10 \cdot 1} = 0,4 \text{ м}$$

$$-u = v_0 - u - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)t$$

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



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!

$$\frac{H}{\sin \alpha} = S_0' + S_1' \quad H = (S_0' + S_1') \sin \alpha = 0,4 \cdot 0,8 = 0,32 \text{ м}$$
$$\text{Dumb: 3) } H = \left( \frac{u^2 - (v_0 - u)^2}{\mu g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} + \frac{\mu v_0}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha} \right) \sin \alpha = 0,32 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

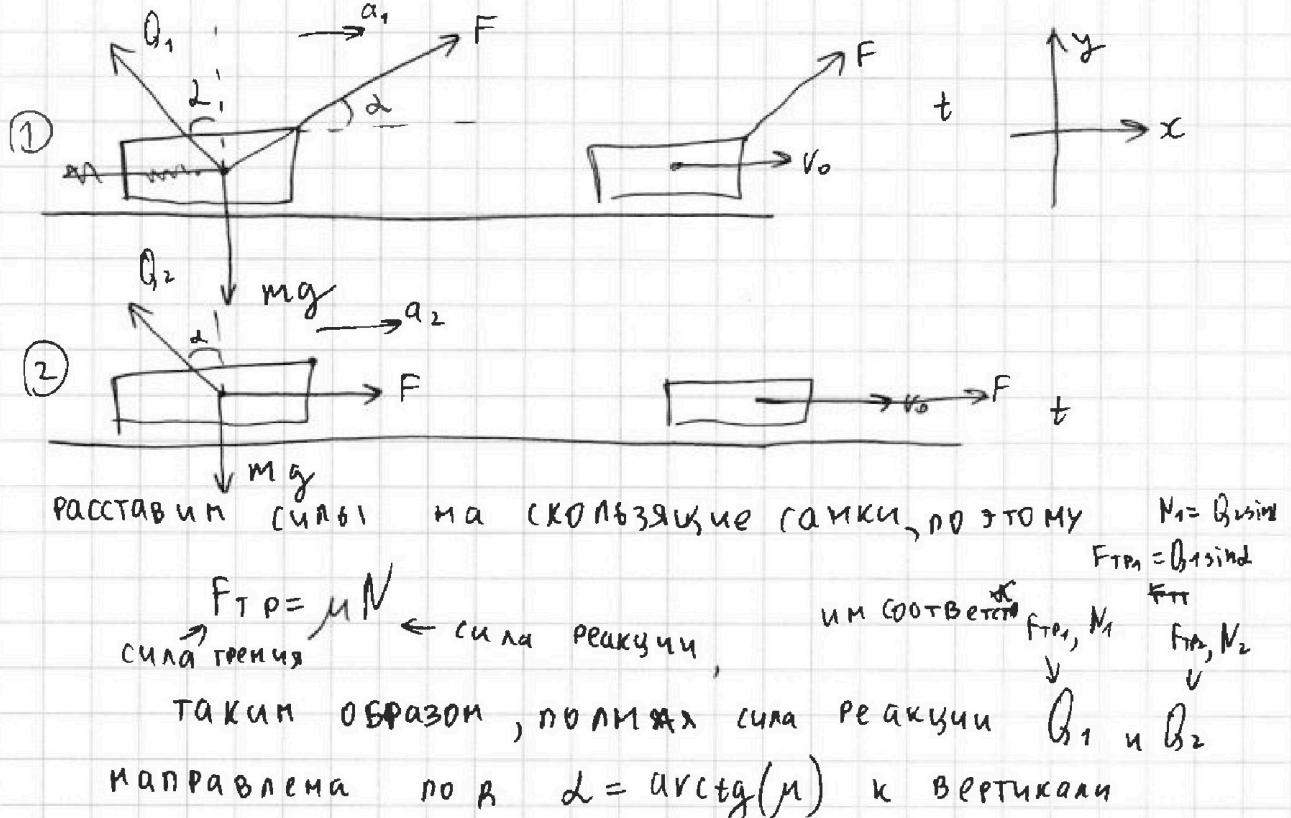
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ

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



расставим силы на скользящие ганки, по этому  $N_1 = Q_1 \sin \alpha$

$$F_{T\mu} = \mu N \quad \leftarrow \text{сила трения,} \quad \text{им соответствует } F_{T\mu}, N_1 \quad F_{T\mu}, N_2$$

таким образом, полная сила реакции  $Q_1$  и  $Q_2$   
направлена по  $\alpha$   $\alpha = \arctg(\mu)$  к вертикали

### II Задача Многогранник

$$Q_1 = F_{T\mu} \sin \alpha$$

$$Q_2 = F_{T\mu} \sin \alpha$$

$$\textcircled{1} \quad \text{O}_y: \quad N_1 + F \sin \alpha = mg$$

$$\text{O}_x: \quad ma_1 = F \cos \alpha - F_{T\mu} = F \cos \alpha - \mu N_1$$

$$\textcircled{2} \quad \text{O}_y: \quad N_2 = mg$$

$$\text{O}_x: \quad ma_2 = F - F_{T\mu} = F - \mu mg N_2$$

$$\text{т.к. время одинаковое } \left( t = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{a_2} \right) \Rightarrow a_1 = a_2 = a$$

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

$$ma = F - \mu mg$$

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

$$F = F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha \quad i = \cos \alpha + \mu \sin \alpha$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

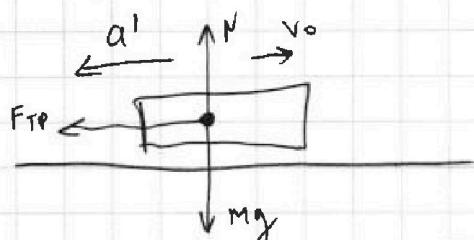
- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------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

МФТИ

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

$$\text{Qmb.: 1) } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad \sin \alpha \neq 0 \quad \alpha \neq 0^\circ$$

2) сила, когда  $F$  перестало



$$ma' = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

$$N = mg$$

$$a' = \mu g$$

ЧР. В ВУЗ.

$$\text{Qmb.: 2) } T = \frac{v_0}{\mu g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

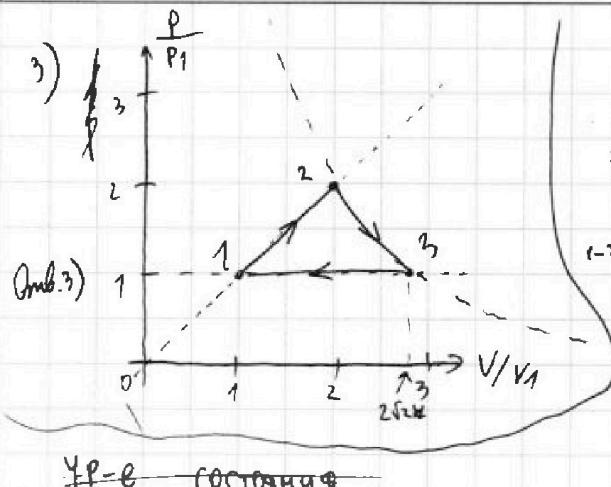
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



Задача 3)

$$pV = \nu RT$$

$$\Delta pV + V \cdot \Delta p \cancel{p} \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$f_{p, \Delta V}$$

если можем выделить объем  $\left(\frac{C}{R}\right)$  и температуру  $\left(\frac{T}{T_1}\right)$  на  $\nu R$

$\nu C(\nu R T) \cancel{\nu C(pV)} \nu C(pV)$  на каждой участке  $pV = \text{const}$

Часто

представл. тер. сост

$$f_{p, \Delta V}$$

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

2-3 1 начальо термоциклики

(обозначения аналогичны)

$$\cancel{\nu C_{12}} \nu C_{23} \Delta T_{23}^1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}^1 + A_{23}^1$$

$$\Delta A_{23}^1 = - \nu R \Delta T_{23}^1$$

$$3-1 \quad \cancel{\nu C_{31}} \nu C_{32} \Delta T_{32}^1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{32}^1 + A_{32}^1$$

$$\Delta A_{32}^1 = \nu R \Delta T_{32}^1$$

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!

1) Записан 1 начало термодинамики м, 1-2, ~~2-3, 3-1~~  $V = 1 \text{ м}^3 \text{ м}$

$$V C_{12} \Delta T_{12} = \frac{3}{2} VR \Delta T_{12} + A_{12} \quad \text{из графика } \Delta T_{12} = 3T_1$$

$$\boxed{\begin{array}{l} C_{12} = 2R \\ C_{13} = 0,5R \\ C_{23} = 2,5R \end{array}} \quad A_{12} = V 2R \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} VR \cdot 3T_1 = VR \cdot 3T_1 \left( 2 - \frac{3}{2} \right)$$

$$A_{12} = \cancel{VR \cdot 3T_1} \frac{3}{2} VR T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 2,31 \cdot 400 \text{ Дж}$$

$$A_{12} = 3 \cdot 2 \cdot 831 = 3 \cdot 1662 = 4986 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 1 \\ 1662 \\ \times \frac{3}{4} \\ \hline 4986 \end{array}$$

$$\text{Dmb.: 1)} A_{12} = \frac{3}{2} VR T_1 = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} \quad Q_1 = \text{тот же газ по закону} \quad (Q_2) = \text{тот же газ от разн.} \\ \Delta T > 0 \quad \Delta T < 0$$

$$Q_1 = V C_{12} 3T_1 = 2 VR T_1 \cdot 3$$

$$Q_2 = - \left( V C_{23} \left( 4T_1 - 2^{\frac{3}{2}} T_1 \right) + V C_{13} \left( 2^{\frac{3}{2}} T_1 - T_1 \right) \right)$$

$$Q_2 = - \left( V 0,5R \cdot 4T_1 - V 0,5R \cdot 2^{\frac{3}{2}} T_1 + V \frac{5}{2} R \cdot 2^{\frac{3}{2}} T_1 - V \frac{5}{2} R T_1 \right)$$

$$Q_2 = - VR T_1 \left( 2 - 2^{-1} \cdot 2^{\frac{3}{2}} + 5 \cdot 2^{-1} \cdot 2^{\frac{3}{2}} - \frac{5}{2} \right) = - VR T_1 \left( \frac{1}{2} - 2^{\frac{1}{2}} + \frac{5}{2} \right)$$

$$Q_2 = - VR T_1 \left( \frac{1}{2} + 2\sqrt{2} \right) - VR T_1 \left( \frac{1}{2} + 4\sqrt{2} \right)$$

$$Q_2 = - VR T_1 \left( \frac{4\sqrt{2} - \frac{1}{2}}{2^{\frac{5}{2}}} \right) - VR T_1 \cdot \left( -\frac{1}{2} + 2^2 \cdot 2^{-1} \cdot 2^{\frac{3}{2}} \right) = - VR T_1 \left( \frac{13}{2} + \frac{5}{2}\sqrt{2} \right)$$

$$\eta = \frac{6 VR T_1 + (4\sqrt{2} - \frac{1}{2}) VR T_1}{6 VR T_1} = \frac{6\sqrt{2}}{6} = \frac{6\sqrt{2}}{6} = \frac{1}{2} \sqrt{2} = \frac{1}{2} \sqrt{2}$$

$$1 - \frac{\sqrt{2}}{3} + \frac{1}{12} = \frac{\frac{11}{2} - 4\sqrt{2}}{6} = \frac{11 - 8\sqrt{2}}{12} = \frac{13}{12} - \frac{8\sqrt{2}}{12} = \frac{13}{12} - \frac{2}{3}\sqrt{2}$$

$$\text{Dmb.: 2)} \eta = \frac{13 - 4\sqrt{2}}{12}$$

$$\boxed{\text{Dmb.: 2)} \eta = \frac{13}{12} - \frac{\sqrt{2}}{3}}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | X                        | 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"/> | <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.

$$\ln \frac{V_3}{V_2} = \ln \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = \frac{T_2 V R}{P_3 V_3}$$

$$p_2 = V_3 \cdot T_3 \cdot vR \cdot \frac{1}{V_2^2}$$

## для участка 1-2

$$P = V_2 \cdot T_1 \cdot VR \cdot \frac{1}{V_1^2}$$

2 - 3

$$p = V_2 \cdot V_2 \cdot T_2 \cdot VR \cdot \frac{1}{V_2} \quad p = V_2 \cdot T_2 \cdot VR \cdot \frac{1}{V^2}$$

3 - 1

$$p = \text{const}$$

1 2 4 2 3 СРАЩЕНИЕ ТОЧКА

$$\text{тому} \quad 2: \quad p_2 V_2 = v R T_2 = v R \cdot 9 T_1$$

Y.P. COCT.

$$\text{für } T_0 \text{ und } V_1 : \quad p_1 V_1 = n R T_1 =$$

$$\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = 4 \quad \text{на прямой из 0} \Rightarrow \left( \frac{P}{P_1} \cdot \frac{V}{V_1} \right) = (2)^2$$

→ отмечено на рисунке

$$P_3 \quad V_3 = v R T_3 = v R T_1 \cdot 2^{\frac{3}{2}} \cdot 2^{\frac{3}{2}}$$

## отношение

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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

$$\Delta A_{12}^1 = \frac{g^1}{2} v R \Delta T_{12}^1$$

$$A_{23}^1 = -v R \Delta T_{23}^1$$

$$A_{31}^1 = v R \Delta T_{31}^1$$

$$A = p \Delta V$$

$$pV = vRT$$

разделим R на каждого

$$\frac{1}{V} = \frac{P_2}{vR \cdot T}$$

$$\frac{\Delta V_{12}}{V_{12}} = \frac{1}{2} \frac{\Delta T_{12}}{T_{12}}$$

$$\frac{\Delta V_{31}}{V_{31}} = \frac{\Delta T_{31}}{T}$$

$$\frac{\Delta V_{23}}{V_{23}} = -\frac{\Delta T_{23}}{T_{23}}$$

$$\frac{dV_{12}}{V_{12}} = \frac{3}{2} \frac{dT_{12}}{T_{12}}$$

$$\frac{dV_{31}}{V_{31}} = \frac{dT_{31}}{T}$$

$$V_{12} = T_{12} \cdot \frac{\Delta V_{12}}{\Delta T_{12}} \cdot \frac{2}{3}$$

$$\int \frac{dV_{12}}{V_{12}} = \int \frac{1}{2} \frac{dT_{12}}{T_{12}}$$

и интегрируем

индексы 2, 3, 1 здесь означают

точку до промежутка

$$\ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2} \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{T_1^{\frac{1}{2}}} \cdot T_2^{\frac{1}{2}} = \frac{V_1}{T_1^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{P_2 V_1}{(vR)^{\frac{1}{2}}}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{T_1^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{P_2^{\frac{1}{2}} V_1^{\frac{1}{2}}}{(vR)^{\frac{1}{2}}}$$

$$1 = \frac{V_1^L}{T_1^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{1}{(vR)^{\frac{1}{2}}} P_2^3 \cdot V_2 \quad V_2 = \frac{V_1^L}{T_1 \cdot vR} \cdot P_2$$

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

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1 \cdot V_2}{P_3 V_3}$$

$$P_3 = \text{const} = P_1$$

на участке 3-1

$$P_2 = \frac{P_1}{\sqrt{V_1^L \cdot V_2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{V_1^L \cdot V_2}} \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1^L}{V_1} \sqrt{\frac{1}{V_2}}$$

на участке 1-2

$$P_2 = \sqrt{\frac{1}{V_2}} \quad P_2 \sim \sqrt{\frac{1}{V_2}}$$

$P_2 \sim V_2$   
линейно

$$P_2 = V_2 \cdot \frac{T_1 v R}{V_1^L}$$

участок 1-2



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

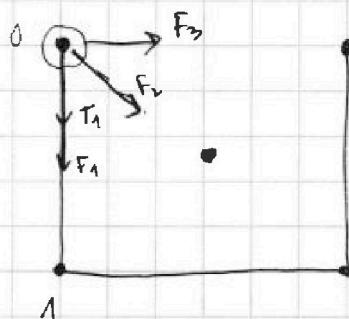
МФТИ

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

посчитаем из п. потенц. энергии, выбрав в в.з.м.

$$\frac{mv^2}{2} = \int_{y_1}^{y_2} F_1 \cdot dr + \int_{y_2}^{y_3} F_2 \cdot dr + \int_{y_3}^{y_4} F_3 \cdot dr$$

суммарная сила

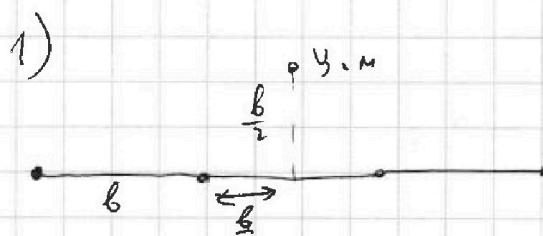


$$dr \cdot F = \frac{kq^2}{r^2} dr \quad dr \cdot F = \frac{kq^2}{r^2} dr$$

$$F = \frac{kq^2}{r^3}$$

$\rightarrow F = \frac{kq^2}{r^3}$

2) разобьём на 2 движения т.к.  
сила потенциальная, значение изменяется



от ротората ничего не меняется

сила натяжения не совершает работу

$$\int F dr = kq^2 \int \frac{dr}{r^2} = -kq^2 \frac{1}{r} = -\frac{kq^2}{l}$$

$$= -\frac{kq^2}{y_1} - \frac{kq^2}{y_2}$$

считаем для каждой силы и получаем

$$\frac{mv^2}{2} = kq^2 \left( \frac{1}{b} - \frac{1}{b} \right) + kq^2 \left( \frac{1}{b} - \frac{1}{3b} \right) + kq^2 \left( \frac{1}{\sqrt{b}} - \frac{1}{2b} \right)$$

$$\frac{mv^2}{2} = kq^2 \left( \frac{1}{b} - \frac{1}{3} + \frac{1}{\sqrt{b}} - \frac{1}{2} \right) = \frac{kq^2}{b} \cdot \frac{\sqrt{b} - 1}{2}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kq^2}{b} \left( \frac{6\sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 6 - 3\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{b} \frac{\sqrt{2} + 6}{6\sqrt{2}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

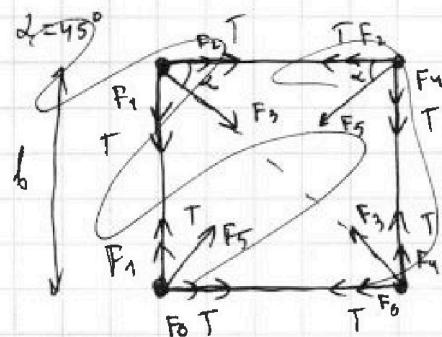
- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------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

МФТИ

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

3)

Из симметрии силы натяжения одинаковы /одинак. оси симм.

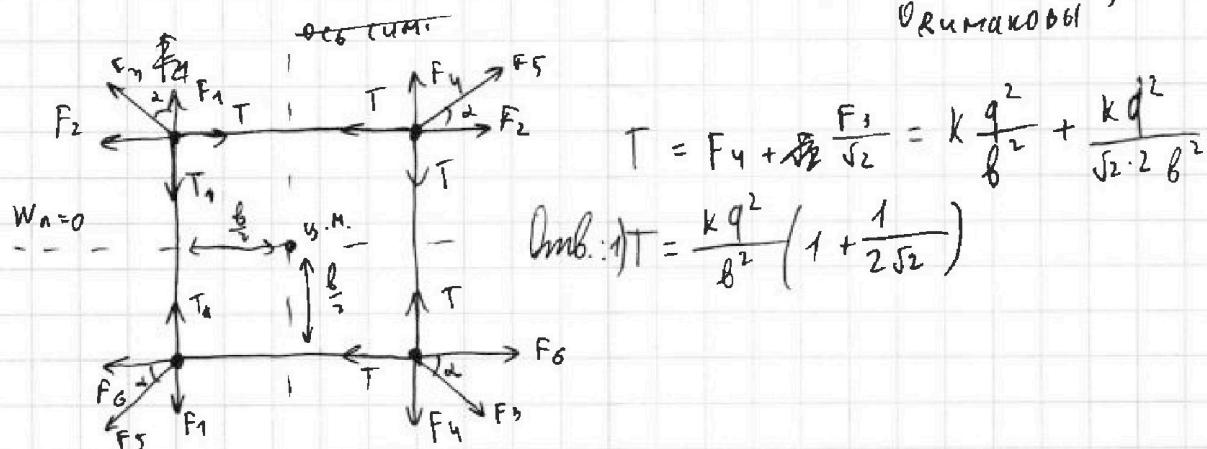


$$F_1 = F_2 = F_4 = F_6 = k \frac{q^2}{b^2}$$

$$F_3 = F_5 = k \frac{q^2}{2b^2}$$

3-й КУЛОМ

II 3-й Канонона на 3 из зарядов (из симметрии, все одинаковы)



$$T = F_4 + \sqrt{\frac{F_3^2}{2} + T^2} = k \frac{q^2}{b^2} + \frac{kq^2}{\sqrt{2} \cdot b^2}$$

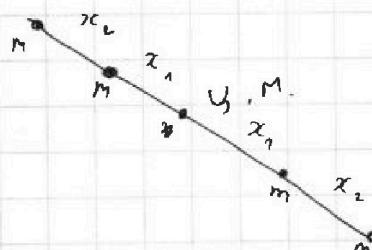
$$\text{Одн. 1)} T = \frac{kq^2}{b^2} \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$

2) Рассмотрим силы на ~~сингл~~ систему  $\sum F = 0$  по y

после перехода  $\Rightarrow$  центр. масс неподвижен на  $\frac{b}{2}$   
на гориз. и по вертик. от всех

по T.  
отв. ч.т.

Шарики на ходятся на линии в случае



$$x_2 - \\ 2(x_1 + x_2) = \frac{3}{4}b \\ x_1 + x_2 = \frac{3}{8}b$$

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!

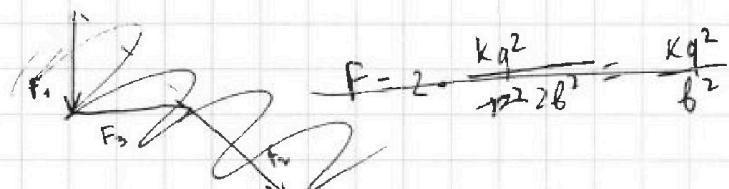
$$V^2 = \frac{1}{m} \frac{kq^2}{b} \frac{\sqrt{2} + 6}{3\sqrt{2}}$$

$$V = q \sqrt{\frac{k}{mb}} \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{2} + 6}{3\sqrt{2}}}$$

$$(Dmb.: 2) V = q \sqrt{\frac{k}{mb}} \sqrt{\frac{\sqrt{2} + 6}{3\sqrt{2}}}$$

3) ~~оберн суммарную силу от 1 2 3 в начало~~ в начало энергии

в начало



~~$$W_1 = 2k \frac{q^2}{b} + \cancel{\frac{q^2}{b}} \frac{kq^2}{\sqrt{2}b}$$~~

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

$$(Dmb.: 3) d = \frac{\sqrt{5}}{2} b$$

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!