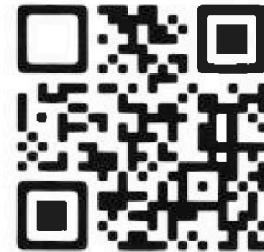




# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.

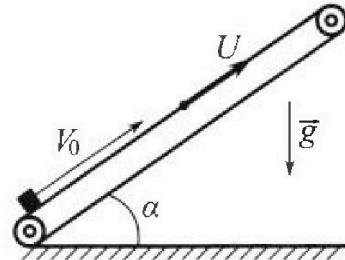
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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 покояющуюся 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  $S = 1 \text{ м}$ ?

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

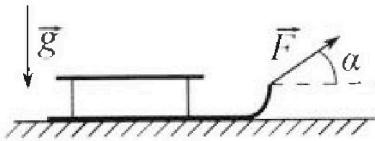
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2 \text{ м/с}$ ?

- 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  $g$ .

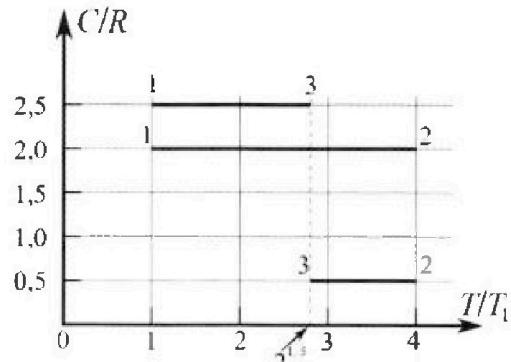
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

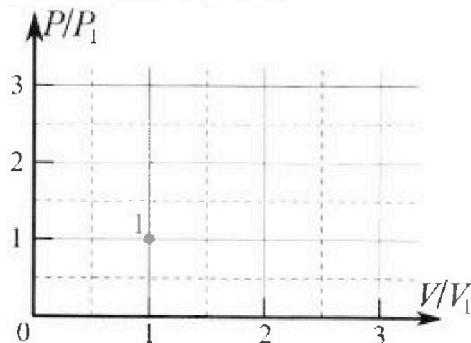
## Вариант 10-01

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).

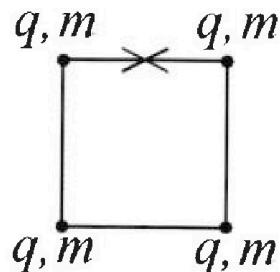


- 1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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!

$$\begin{aligned} \sin^2 \alpha &= 1 - \cos^2 \alpha = 1 - \frac{4}{5} = \frac{1}{5} \\ \cos \alpha &= \sqrt{\frac{4}{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}} \\ \sin \alpha &= \sqrt{\frac{1}{5}} = \frac{1}{\sqrt{5}} \\ H &= \sqrt{\left(\frac{v_0 \sin \alpha}{\cos \alpha}\right)^2 - \frac{g^2 t^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}} = 20 \sqrt{\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right)^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{4}} = 20 \sqrt{2} \end{aligned}$$

N1

1) На максимальной высоте  $V_y = 0 \frac{m}{s}$

$$V_y^{(1)} = V_0 - gt$$

$$V_y(T) = 0$$

$$V_0 - gt = 0$$

$$V_0 = gt = 10 \frac{m}{s^2} \cdot 2s = 20 \frac{m}{s}$$

2) Наибольшая дальность полёта при броске под углом  $\alpha = 45^\circ$

$$y(t) = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$x(t) = V_0 \cos \alpha t$$

$t_1$  - время полёта

$$y(t_1) = 0$$

$$V_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 0 \quad | :t$$

$$V_0 \sin \alpha t_1 = \frac{gt_1^2}{2}$$

$$t_1 = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$x(t_1) = V_0 \cos \alpha \left( \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} \right) - \frac{2 V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 20^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10} m = 40 m = 25$$

при этом максимальная высота  $H$  ~~находится в~~  $t_2 = \frac{t_1}{2}$

$$\begin{aligned} H &= y(t_2) = V_0 \sin \alpha \left( \frac{t_1}{2} \right) - \frac{g}{2} \left( \frac{t_1}{2} \right)^2 = \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{g} - \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \\ &= \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{20^2 \frac{2}{5}}{2 \cdot 10} m = \frac{400}{40} m = 10 m \end{aligned}$$

при ~~меньших~~ больших углах максимальная высота полёта выше,  
а при больших высота полёта субъекта ~~к спутнику~~  
(и высота на расстояния 5 меньше)

Ответ:  $V_0 = 20 \frac{m}{s}$

максимальная высота полёта  $10 m$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

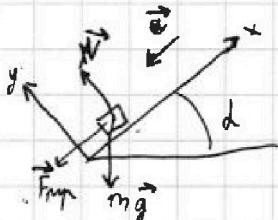


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N 2

$$\sin \theta = 0,8 \Rightarrow \sin^2 \theta = 0,64 \Rightarrow \cos^2 \theta = 0,36 \Rightarrow \cos \theta = 0,6 \Rightarrow \mu \cos \theta = 0,2$$

1) по остановки на короткую действуют з сильы



$$F_{\text{fr}} = -\mu N$$

$$\text{2 з.н. } \vec{N} + \vec{mg} + \vec{F}_{\text{fr}} = m \vec{a}$$

$$0y: N = mg \cos \theta = 0$$

$$N = mg \cos \theta$$

$$0x: -F_{\text{fr}} - mg \sin \theta = -a$$

$$ma = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = mg (\sin \theta + \mu \cos \theta)$$

$$a = g (\sin \theta + \mu \cos \theta) = g (0,8 + 0,2) = g$$

$$v(t) = v_0 - gt$$

$$x(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

~~тогда~~

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

$$gt^2 - 4t + 2 = 0$$

последний

т.ч. начерт остановки

$$v(t_1) = 0$$

$$v_0 - gt_1 = 0$$

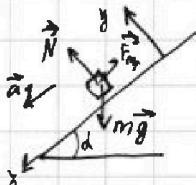
$$v_0 = gt_1$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g} = 0,4 \text{ с}$$

$$t_1 = 0,4 \text{ с}$$

$$x(t_1) = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g v_0^2}{2g^2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{256}{2 \cdot 9.8} = 0,8 \text{ м} < 1 \text{ м}$$

после остановки F\_f будет направлен в другую сторону



$$\text{2 з.н. } \vec{N} + \vec{F}_{\text{fr}} + \vec{mg} = m \vec{a}_1, \quad F_{\text{fr}} = -\mu N$$

$$0y: N = mg \cos \theta = 0$$

$$N = mg \cos \theta$$

$$0x: mg \sin \theta - F_{\text{fr}} = ma_1$$

$$\therefore F_{\text{fr}} = \mu N = \mu mg \cos \theta = 0,2 \cdot 9,8 \cdot 0,6 = 0,8 \text{ Н} > 0,8 \text{ Н} = mg \sin \theta$$

$$F_{\text{fr}} = \mu N$$

$$a_1 = g (\sin \theta - \mu \cos \theta) = g (0,8 - 0,2) = 0,6 \text{ г}$$

$$x_1(t) = \frac{a_1 t^2}{2} = 0,3 \text{ г} t^2 = 3 t^2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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 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!

до остановки ~~после~~ коробка проехала  $0,8 \text{ м} \Rightarrow$  дистанция  $s = 7 \text{ м}$  осталась  $0,2 \text{ м}$

$t_2$  - время спуска до остановки (вспомог)

$$x_1(t_2) = 0,2$$

$$\begin{aligned} t_1 &= \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10}} = \sqrt{\frac{0,4}{10}} = \sqrt{\frac{1}{25}} = 0,2 \text{ с} \\ t_2 &= \sqrt{\frac{s}{g}} = \sqrt{\frac{7}{10}} \approx 0,84 \text{ с} \\ T &= t_1 + t_2 = 0,2 + 0,84 = 1,04 \text{ с} \end{aligned}$$

2) перейдём в СО движущейся со скоростью  $\bar{v}$  (связанную с левой)

в данной СО ~~неизменяется~~ неизменяется ускорение посчитанное в п.1

если в лабораторной СО скорость стата =  $u \Rightarrow$  в нашей СО скорость = 0

$$v_x(t) = (V_0 - u) - g t$$

$$x_2(t) = (V_0 - u)t - \frac{1}{2} g t^2$$

$t_3$  - время до остановки

$$v_x(t_3) = 0 \\ t_3 = \frac{V_0 - u}{g} = 0,2 \text{ с}$$

$$L = x_2(t_3) = \frac{(V_0 - u)^2}{g} - \frac{1}{2} \frac{(V_0 - u)^2}{g^2} = \frac{(V_0 - u)^2}{2g} = \frac{2^2}{2 \cdot 10} = 0,2 \text{ м}$$

3) Если в лабораторной СО скорость равна 0, то в нашей СО

$$v_{2x}(t) = at$$

$$x_3(t) = \frac{1}{2} a t^2$$

$$v_{2x}(t_u) = u$$

$$t_u = \frac{u}{a}$$

$$x_3(t_u) = \frac{1}{2} u^2 = \frac{u^2}{2a}$$

$$H = (L - x_3(t_u)) s_i d = (0,2 \text{ м} - \frac{u^2}{2 \cdot 0,6 \cdot 10} \text{ м}) \cdot 0,8 = (0,2 - \frac{u^2}{12}) \cdot 0,8 \text{ м} = -(\frac{1}{5} - 0,2) \cdot 0,8 \text{ м} = -$$

$$= -0,08 \text{ м}$$



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!

Ответ:  $T = 9,66 \text{ с}$

$L = 0,2 \text{ м}$

$H = 1 - 7,07 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

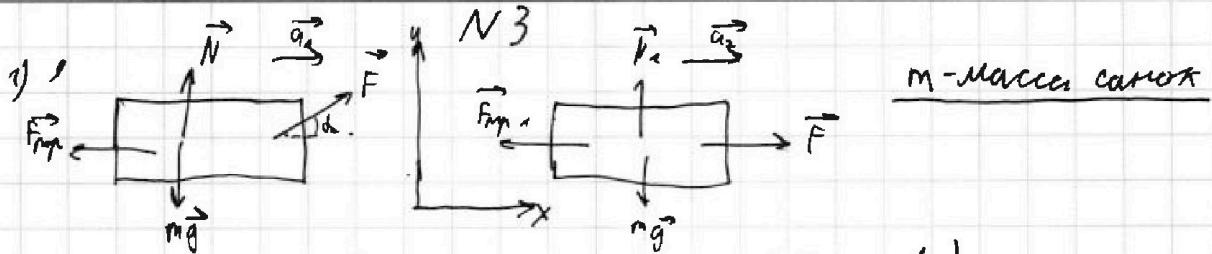
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



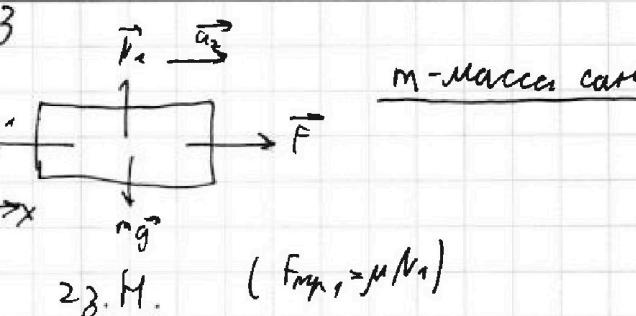
$$2z.H. \quad (F_{mp} = \mu N)$$

$$\vec{N} + \vec{F} + \vec{mg} + \vec{F}_{mp} = m\vec{a}_1$$

$$Oy: N + F_{sin\alpha} - mg = 0$$

$$N = mg - F_{sin\alpha}$$

$$Ox: F_{cos\alpha} - F_{mp} = m a_1$$



$$\vec{N}_1 + \vec{F} + \vec{mg} + \vec{F}_{mp1} = m\vec{a}_2$$

$$Oy: N_1 - mg = 0$$

$$N_1 = mg$$

$$Ox: F - F_{mp1} = m a_2$$

$$v(t) = at \quad \text{м.к. санки за один врем. разгоняются до скор. } v \\ \text{а значит равен}$$

$$a_1 = a_2 \\ m a_1 = m a_2$$

$$F_{cos\alpha} - F_{mp} = F - F_{mp1}$$

$$F_{mp1} - F_{mp} = F(1 - cos\alpha)$$

$$\mu N_1 - \mu N = \mu(N_1 - N) = \mu(mg - (mg - F_{sin\alpha})) = \mu F_{sin\alpha}$$

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

$$2) \text{ начало прекращения санок} \quad 2z.H \text{ на } Ox: -F_{mp} = m a_2; a_2 = -\frac{\mu N_1}{m} = \\ = -\frac{\mu mg}{m} = -\mu g$$

$$v(t) = V_0 + a_2 t; v(t) = 0$$



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!

$$v_1(T) = 0$$

$$v_0 + a_2 T = 0$$

$$v_0 = -a_2 T$$

$$T = -\frac{v_0}{a_2} = \frac{v_0}{\mu g}$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



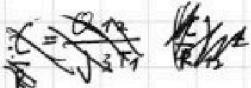
- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ.

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

1)  $\dot{Q}_{12}$ - теплота погружения изотермы в процессе 1-2

$$\dot{Q}_{12} = A_{12} + \frac{3}{2} JR \cdot \Delta T_{12}$$



$$\left(\frac{C}{R}\right)_{12} = \frac{A_{12}}{JR \Delta T_{12}} = \frac{A_{12}}{3JR \Delta T_{12}} + \frac{3}{2}$$

$\Delta T_{12}$  изменение температуры

$$\Delta T_{12} = 3 T_1$$

$$\left(\frac{C}{R}\right)_{12} = \frac{C}{R} \text{ в процессе } 1-2$$

$$\left(\frac{C}{R}\right)_{12} = 2$$

$$A_{12} = \left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2}\right) JR \Delta T_{12} = (2 - 1,5) \cdot 3 \cdot 8,37 \cdot 400 \text{ Дж} = 8,37 \cdot 600 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}$$

2) Аналогичным образом поступали для процессов 2-3 и 3-1

$$\left(\frac{C}{R}\right)_{23} = \frac{A_{23}}{JR \Delta T_{23}} + \frac{3}{2}$$

$$\left(\frac{C}{R}\right)_{23} = 0,5$$

$$\Delta T_{23} = (1 - 2,5) T_1 = (1 - 2\sqrt{2}) T_1 \approx (1 - 2 \cdot 1,42) T_1 =$$

$$= (1 - 2,84) T_1 = -1,76 T_1$$

$$A_{23} = \left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2}\right) JR \Delta T_{23}$$

$$A_{23} = (0,5 - 1,5) \cdot 1 \cdot 8,37 \cdot 1,76 \cdot 400 \text{ Дж} = -4 \cdot 837 \cdot 1,16 = -837 \cdot 4,44 = -4655,84 \text{ Дж}$$

$$\left(\frac{C}{R}\right)_{31} = \frac{A_{31}}{JR \Delta T_{31}} + \frac{3}{2}$$

$$\left(\frac{C}{R}\right)_{31} = 2,5$$

$$\Delta T_{31} = (2,5 - 1) T_1 = (2,5 - 1) T_1 = 1,5 T_1$$

$$A_{31} = \left(\frac{C}{R} - \frac{3}{2}\right) JR \Delta T_{31}$$

$$A_{31} = (2,5 - 1,5) \cdot 1 \cdot 8,37 \cdot 1,5 \cdot 400 \text{ Дж} = 2837 \text{ Дж} = 837 \cdot 7,36 \text{ Дж} = -6115,16 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{общ}} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 352 + \text{Дж}$$

$$\dot{Q}_{12} = \left(\frac{C}{R}\right)_{12} JR \Delta T_{12} = 2 \cdot 1 \cdot 8,37 \cdot 3 \cdot 400 = 8,37 \cdot 600 \text{ Дж} = 4 \cdot 4986 \text{ Дж} = 19944 \text{ Дж}$$

$$\dot{Q}_{23} = \underbrace{\left(\frac{C}{R}\right)_{23} JR \Delta T_{23}}_{0} < 0$$

$$\dot{Q}_{31} = \underbrace{\left(\frac{C}{R}\right)_{31} JR \Delta T_{31}}_{0} < 0$$



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!

$$\eta = \frac{A_{\text{работы}}}{\sum A_{>0}} = \frac{A_{\text{работы}}}{A_{12}} = \frac{3527 \text{Дж}}{19944 \text{Дж}} = 77,7\%$$

3)  $P_1 V_1 = JRT_1$  (уравнение состояния)

М.к. ~~необходимо брать в расчет~~

$$\gamma = \sqrt{\frac{R T_1}{P_1 V_1}}$$

составление 2

$$P_2 V_2 = JRT_2 = JRT_1 / \gamma P_1 V_1$$

$$\frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \gamma \frac{JRT_2}{JRT_1} = \gamma \quad (\gamma)$$

$$A_{12} = \left( \left( \frac{P_2}{P_1} \right)_{12} - \frac{3}{2} \right) \cdot JRT_1 = 1,5 P_1 V_1 \quad (\gamma)$$

М.к.  $\left( \frac{P_2}{P_1} \right)_{12}$  - константа,

то процесс 1-2

$$\text{исследован уравнение } \frac{P_2}{P_1} \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$\begin{cases} P_2 \\ \frac{P_2}{P_1} = 2 \\ \frac{V_2}{V_1} = 2 \end{cases}$$

составление 3

$$P_3 V_3 = JRT_3 = 2^{1.5} JRT_1 / \gamma P_1 V_1$$

$$\frac{P_3}{P_1} \cdot \frac{V_3}{V_1} = 2^{1.5} \frac{JRT_3}{JRT_1} = 2^{1.5} \approx 2.84$$

$$A_{31} = \left( \left( \frac{P_3}{P_1} \right)_{31} - \frac{3}{2} \right) \cdot 2.84 JRT_1 = 1 - 2.84 JRT_1$$

$$\frac{P_3}{P_1} = 1$$

$$\frac{V_3}{V_1} = 2.84$$

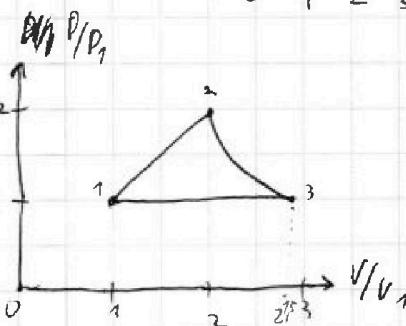
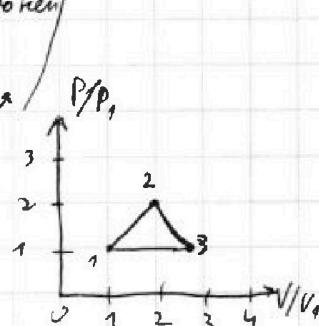
(аналогично 2)

(этот замечания  
рассмотрим.  
также  
(1) → изотермический  
(2) → адиабатический  
~ видно А изменяется  
~ направо + увеличивается)

$$A_{23} = 1.16 P_1 V_1$$

$$\left( \text{тогда } A_{23}' = \text{процесс 2-3 по правилу} = 1.26 P_1 V_1 \right)$$

уравнение 2-3 суммируется правило



$$\text{Ответ: } A_{12} = 4986 \text{Дж}$$

$$\eta = 77,7\%$$



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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

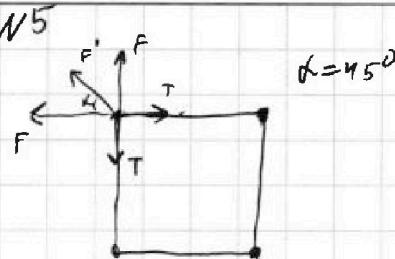
МФТИ

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

N5

$$1) F = k \frac{q^2}{\delta^2}$$

$$F' = k \frac{q^2}{(\sqrt{2}\delta)^2} = \frac{kq^2}{2\delta^2}$$



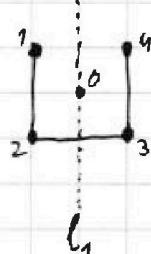
$\delta = 45^\circ$

№ 23. Н.

$$T = F + F' \text{ при } d = \frac{kq^2}{\delta^2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{kq^2}{2\delta^2} = \left( \frac{\sqrt{2}}{2} + 1 \right) \frac{kq^2}{\delta^2} \approx \left( \frac{1.41}{2} + 1 \right) \frac{kq^2}{\delta^2} = 1.355 \frac{kq^2}{\delta^2}$$

3)

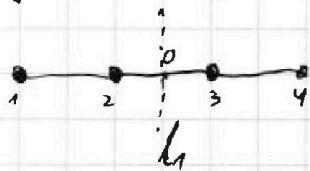
б) ~~Симметрии~~



М.к. на систему не действует  
внешнее сила, то центр масс не  
перемещается.  
изначально он в точке 0.

Когда они будут на 1 прямой, то центр масс будет на ней.  
(0 Е прямой с шариками)

б) симметрии относительно  $l_1$ , прямая будет  $\perp l_1$



будет серединой штанги между шариками

2, 3

$$\text{верхние шары смещаются на } d = \sqrt{b^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \\ = \sqrt{b^2 \left(1 + \frac{1}{4}\right)} = b \sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{\sqrt{5}b}{2} \approx \frac{2.24 \cdot b}{2} = 1.12b$$

2) б) симметрии скорости шариков (1, 4) и (2, 3) равны ~~но~~  
и 3 СИ но одинаковы

вертикальной части  $v_x = v_{x4}$ ,  $v_K$  не может иметь горизонтальной скорости.  
так как горизонтальная скорость  $v_x = v_{x4} = 0$

$$\text{Ответ: } T = \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \frac{kq^2}{\delta^2} \approx 1.355 \frac{kq^2}{\delta^2}$$

$$d = \frac{\sqrt{5}}{2} b \approx 1.12b$$

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"/> |

МФТИ



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

N1

1) ~~показать~~

на максимальной высоте  $v_y = 0$ ;  $v_y(t) = v_0 - gt$

$$v_y(T) = 0; v_0 - gT = 0; v_0 = gT = 10 \frac{m}{s^2} \cdot 2s = 20 \frac{m}{s}$$

2) пусть бросок был под углом  $\alpha$  к горизонту

$$x(t) = v_0 \cos \alpha t$$

$$y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

в момент удара  $x(t_y) = S$ ;  $y(t_y) = H$  ( $t_y$  - время падения до удара;  $H$  - высота удара)

$$v_0 \cos \alpha t_y = S; t_y = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$H = y(t_y) = \frac{v_0 \sin \alpha S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = S \left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{g S}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \right)$$

~~доказать, что~~ ~~найдите~~  $H$  при максимальном  $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{g S}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$

при максимальном производстве = 0  $\left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{g S}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \right)' = 0$

$$\left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' - \left( \frac{g S}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \right)' = 0$$

$$\left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' = \left( \frac{g S}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \right)' = \left( \frac{c}{\cos^2 \alpha} \right)'$$

$$C = \frac{g S}{2 v_0^2} = \frac{10 \cdot 20}{2 \cdot 20^2} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{\sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{c' \cos^2 \alpha - c \cos^4 \alpha}{\cos^4 \alpha}$$

$$\frac{\cos \alpha \cdot \cos \alpha - \sin \alpha (-\sin \alpha)}{\cos^2 \alpha} = -c \frac{2 \cos \alpha (-\sin \alpha)}{\cos^4 \alpha} \cdot \cos^2 \alpha$$

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

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

$$\cos \alpha = 2c \sin \alpha = \frac{\sin \alpha}{2}; \sin \alpha = 2 \cos \alpha$$

$$1 = \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = \cos^2 \alpha + 4 \cos^2 \alpha = 5 \cos^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{5}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

**МФТИ**

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

Diagram of a mechanical system showing forces  $F$ , weight  $mg$ , and tension  $T$  at point  $P$ .

$$T = F \left( \cos 45^\circ - \frac{mg}{F} \right) = \frac{mg}{2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \approx 2.084 \text{ N}$$

Equation for time  $t$ :

$$\frac{1}{2}t^2 - 4t + 8 = 0$$

$$t^2 - 8t + 16 = 0$$

$$(t-4)^2 = 0$$

$$t = 4$$

Equation for height  $y$ :

$$y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 16 = 80 \text{ m}$$

Equation for horizontal distance  $x$ :

$$x = v_0 t \cos 45^\circ = 20 \cdot 4 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 80\sqrt{2} \approx 113.14 \text{ m}$$

Equation for vertical velocity  $v_y$ :

$$v_y = gt = 10 \cdot 4 = 40 \text{ m/s}$$

Equation for horizontal velocity  $v_x$ :

$$v_x = v_0 \cos 45^\circ = 20 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 14.14 \text{ m/s}$$

Equation for total velocity  $v$ :

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{14.14^2 + 40^2} \approx 42.8 \text{ m/s}$$

Equation for angle  $\alpha$ :

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{40}{14.14} \approx 2.85$$

Equation for time  $t$  from height  $y$ :

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{10}} = 4 \text{ s}$$

Equation for horizontal distance  $x$  from time  $t$ :

$$x = v_0 t \cos 45^\circ = 20 \cdot 4 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 80\sqrt{2} \approx 113.14 \text{ m}$$

Equation for vertical velocity  $v_y$  from time  $t$ :

$$v_y = gt = 10 \cdot 4 = 40 \text{ m/s}$$

Equation for horizontal velocity  $v_x$  from time  $t$ :

$$v_x = v_0 \cos 45^\circ = 20 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 14.14 \text{ m/s}$$

Equation for total velocity  $v$  from time  $t$ :

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{14.14^2 + 40^2} \approx 42.8 \text{ m/s}$$

Equation for angle  $\alpha$  from time  $t$ :

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{40}{14.14} \approx 2.85$$

Equation for time  $t$  from horizontal distance  $x$ :

$$x = v_0 t \cos 45^\circ \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos 45^\circ} = \frac{80\sqrt{2}}{20 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}} = 8 \text{ s}$$

Equation for vertical velocity  $v_y$  from horizontal distance  $x$ :

$$v_y = gt = 10 \cdot 8 = 80 \text{ m/s}$$

Equation for horizontal velocity  $v_x$  from horizontal distance  $x$ :

$$v_x = v_0 \cos 45^\circ = 20 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 14.14 \text{ m/s}$$

Equation for total velocity  $v$  from horizontal distance  $x$ :

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{14.14^2 + 80^2} \approx 84.14 \text{ m/s}$$

Equation for angle  $\alpha$  from horizontal distance  $x$ :

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{80}{14.14} \approx 5.66$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ.**

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

Handwritten mathematical work for a physics problem, likely related to mechanics or fluid dynamics. The work includes various calculations, diagrams, and formulas. Key elements include:

- Diagrams of mechanical systems with forces and angles.
- Equations involving variables like  $\mu$ ,  $F$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $\rho$ ,  $P$ ,  $V$ ,  $T$ ,  $\theta$ , and  $k$ .
- Formulas such as  $F = \mu mg$ ,  $F = \rho V T$ , and  $P = \rho V T$ .
- Algebraic manipulations and substitutions.
- Approximations and numerical values.