



**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**  
**Вариант 10-02**



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

1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета  $L = 20$  м.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

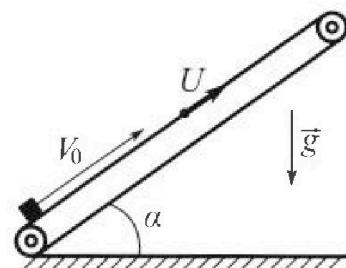
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,6$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 6 \text{ м/с}$ . Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = 0,5$ .

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь  $S$  пройдет коробка в первом опыте к моменту времени  $T = 1 \text{ с}$ ?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 1 \text{ м/с}$ , и сообщают коробке скорость  $V_0 = 6 \text{ м/с}$  (см. рис.).

2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна

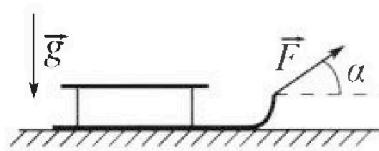
$$U = 1 \text{ м/с}$$

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 кинетической энергии  $K$  на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии  $K$  действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения  $g$ .

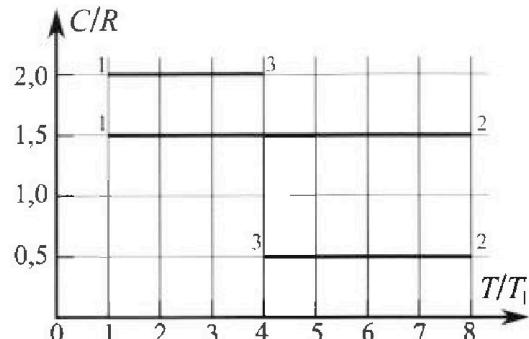
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**

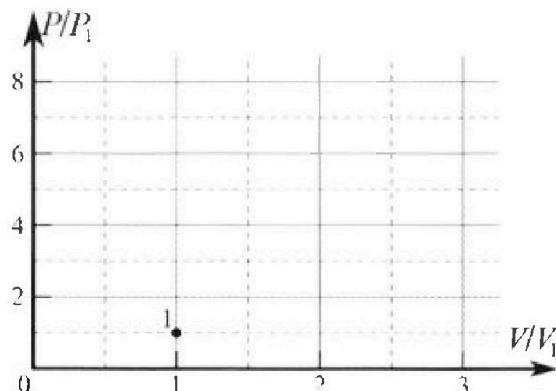
**Вариант 10-02**

*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) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1 = 200$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

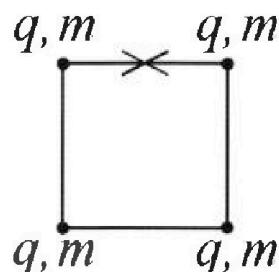


- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 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  $a$  (см. рис.). Сила натяжения каждой нити  $T$ .

- 1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию  $K$  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)? Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



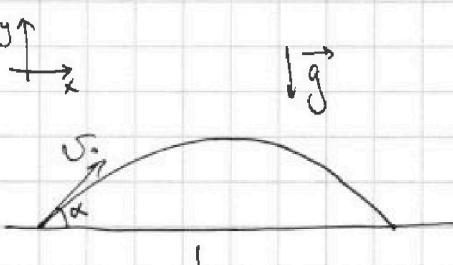
- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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. Дано:

$$\begin{aligned} \alpha &= 45^\circ \\ L &= 20 \text{ м} \\ M &= 3,6 \text{ м} \\ V_0 &=? \quad S=? \end{aligned}$$

Решение:



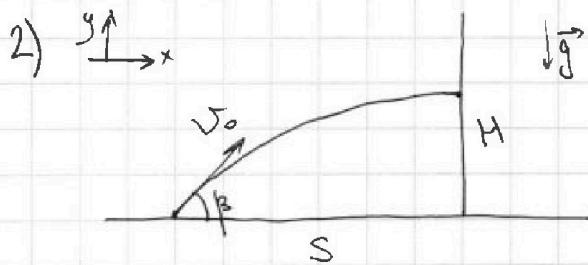
$$x: V_0 \cos \alpha t = L, \text{ где } t - \text{время полёта}$$

$$y: V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$V_0 \sin \alpha = \frac{gt}{2}$$

$$V_0 \sin \alpha = \frac{gL}{2V_0 \cos \alpha} \Rightarrow 2V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha = gL$$

$$V_0^2 = \frac{gL}{\sin(2\alpha)} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{1}} = 10\sqrt{2} \text{ (м/с)}$$



$$x: V_0 \cos \beta t_2 = S$$

$$y: V_0 \sin \beta t_2 - \frac{gt^2}{2} = H$$

$$t_2 = \frac{S}{V_0 \cos \beta}$$

$$\frac{S V_0 \sin \beta}{V_0 \cos \beta} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} = H$$

$$S \left( \tan \beta - \frac{g S}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} \right) = H$$

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

$$S \left( \tan \beta - \frac{g S}{2 V_0^2} (\tan^2 \beta + 1) \right) = H$$

Чтобы H был максимальным, нужно, чтобы

$\left( \tan \beta - \frac{g S}{2 V_0^2} \frac{g S}{2 V_0^2} - \frac{g S}{2 V_0^2} \right)$  - тоже был максимальным.

Возьмем производную и приравняем её 0:

$$\tan \beta = \frac{V_0^2}{g S} \Rightarrow \tan \beta$$

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

ЛМФТИ.

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

$$H = S \cdot \frac{g}{2} \left( 1 - \frac{gS + gH}{2U_0^2} \right) - \frac{gS^2}{2U_0^2}$$

$$H = \frac{U_0^2}{g} \left( 1 - \frac{gS \cdot \frac{U_0^2}{gs}}{2U_0^2} \right) - \frac{gS^2}{2U_0^2}$$

$$H = \frac{U_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2U_0^2} \Rightarrow \frac{gS^2}{2U_0^2} = \frac{U_0^2 - H}{2g}$$

$$S^2 = \left( \frac{U_0^2 - H}{2g} \right) \frac{2U_0^2}{g} \Rightarrow S = U_0 \sqrt{\frac{U_0^2}{g^2} - \frac{2H}{g}}$$

$$S = 200 \sqrt{\frac{4 \cdot 10^4}{10^2} - \frac{7,2}{10}} = 200 \sqrt{400 - 0,72} = 200 \sqrt{399,28} \text{ м}$$

$$S = 10\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{200}{10} - \frac{7,2}{10}} = 10\sqrt{2(20 - 0,72)} = \\ = 10\sqrt{40 - 1,44} = 10\sqrt{39,56} \text{ м}$$

$$\text{OТВЕТ: } S = 10\sqrt{39,56} \quad U_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/c}$$



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

2. Дано:

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$V_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5$$

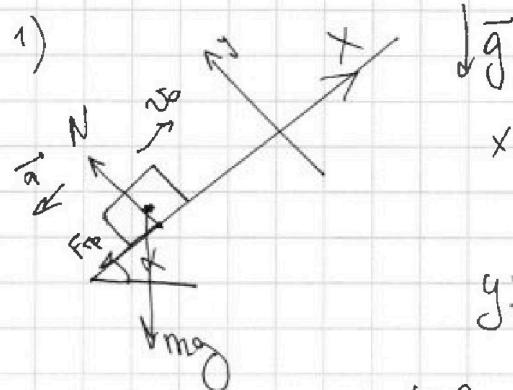
$$T = 1 \text{ с}$$

$$U_{\text{д}} = 1 \text{ м/с}$$

$$S = ? \quad T_1 = ? \quad L = ?$$

Решение:

1)


 $\vec{g}$ 

$$x: -ma = -F_{\text{д}} - mg \sin \alpha$$

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

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

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

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

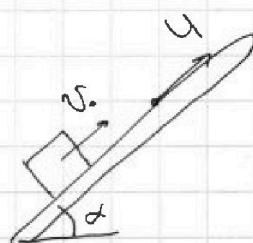
$$S = V_0 T - \frac{a T^2}{2}$$

$$S = V_0 T - \frac{g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2}{2}, \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha}}$$

$$S = 6 \cdot 1 - \frac{10 (0,5 \cdot \sqrt{1 - 0,36} + 0,6) 1^2}{2} = 6 - \frac{10 (0,5 \cdot 0,8 + 0,6)}{2} =$$

$$= 6 - 5 = 1 \text{ (м)}$$

2)



Скорость  $V_0$  - скорость коробки  
относительно земли.  $\Rightarrow$

$V_{\text{отн}} = V_0 - U \neq$  - скорость коробки  
отк. ленты.

Чтобы ее скорость стала равна  
скорости ленты, то относительная  
лента она должна  
иметь скорость 0.

Ускорение такое же как в 1):

$$0 = V_{\text{отн}} - a T_1 \Rightarrow a T_1 = V_{\text{отн}}$$

ст 3

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

$$T_1 = \frac{V_{0m}}{a} = \frac{V_0 - U}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{6 - 4}{10} = 0,5 \text{ (с)}$$

Чтобы скорость коробки остановилась равной нулю, нужно, чтобы отсчёт времени она двигалась со скоростью  $-U$  (по оси  $X$ ).

$$= U =$$

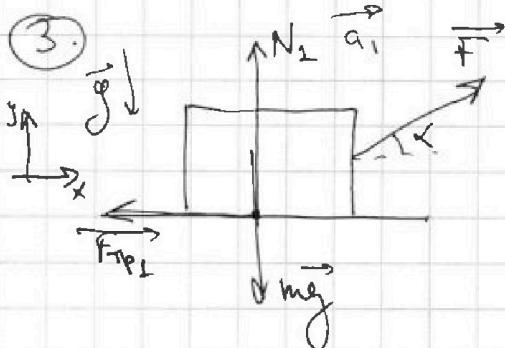
$$L = \frac{(-U)^2 - V_0^2}{-2a} = \frac{1 - 36}{-2 \cdot 10} = \frac{35}{20} = \frac{17,5}{10} = 1,75 \text{ (м)}$$

Ответ:  $S = 1 \text{ м}$ ;  $T_1 = 0,5 \text{ с}$ ;  $L = 1,75 \text{ (м)}$

- 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!



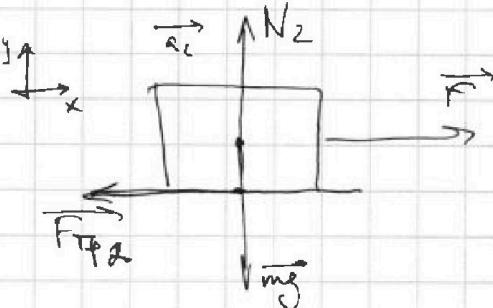
$$x: ma_1 = F \cos \alpha - F_{fpl}$$

$$ma_1 = F \cos \alpha - \mu N_1$$

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

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

$$ma_1 = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)$$



$$x: ma_2 = F - F_{fpl2}$$

$$ma_2 = F - N_2 \mu$$

$$y: N_2 = mg$$

$$ma_2 = F - mg \mu \Rightarrow \\ \Rightarrow F = m(a_2 + g\mu)$$

Две 1-ые упр:

~~$$F \cos \alpha \cdot T_1 = \Delta p_1, \text{ где } T_1 - \text{ время генерации импульса}$$~~

~~$$F \cos \alpha \cdot T_1 = m \dot{v}$$~~

$$ma_1 T_1 = \Delta p_1$$

$$ma_1 T_1 = m \dot{v}$$

Две 2-ые упр:

~~$$F \cos \alpha \cdot T_2 = \Delta p_2, \text{ где } T_2 - \text{ время генерации импульса}$$~~

~~$$F T_2 = m \dot{v} \quad (*)$$~~

$$ma_2 T_2 = \Delta p_2$$

$$ma_2 T_2 = m \dot{v}$$

~~$$\frac{F \cos \alpha \cdot T_1}{F T_2} = 1 \Rightarrow T_2 = \cos \alpha T_1$$~~

$$\frac{a_2 T_2}{a_1 T_1} = 1$$

~~$$a_1 T_1 = \dot{v} = a_2 T_2 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{T_2}{T_1} = \cos \alpha \Rightarrow a_1 = a_2 \cos \alpha$$~~

~~$$ma_1 = m(a_2 + g\mu) \cos \alpha - \mu(mg - m(a_2 + g\mu) \sin \alpha) \quad \text{crp 8}$$~~

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!

$$a_1 = a_2 + \mu g \cos \alpha - \mu g + \mu (a_2 + \mu g) \sin \alpha$$

$$0 = \mu g \cos \alpha - \mu g + \mu (a_2 + \mu g) \sin \alpha$$

$$0 = g(\cos \alpha - 1) + a_2 \sin \alpha + \mu g \sin \alpha$$

~~у3 (+) и (++)~~:

$$F_{T_2} = m a_2 T_2$$

$$a_1 T_1 = a_2 T_2 = V = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

2) Наибольшее перемещение самолета в процессе остановки.

В начале они будут двигаться со скоростью

$$V = \sqrt{\frac{2K}{m}}, \quad T.K \quad K = \frac{m V^2}{2}$$

$$K + F_{Tp} = 0$$

$$K + F_{Tp} = 0 \Rightarrow K + (-\mu mg) = 0 \Rightarrow S = \frac{K}{\mu mg}$$

$$m a_1 = m(a_2 + \mu g) \cos \alpha - \mu (mg - m(a_2 + \mu g) \sin \alpha)$$

$$a_1 = (a_2 + \mu g) \cos \alpha - \mu g + \mu (a_2 + \mu g) \sin \alpha$$

$$a_1 = (a_2 + \mu g) (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) \approx -\mu g$$

стп 9

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

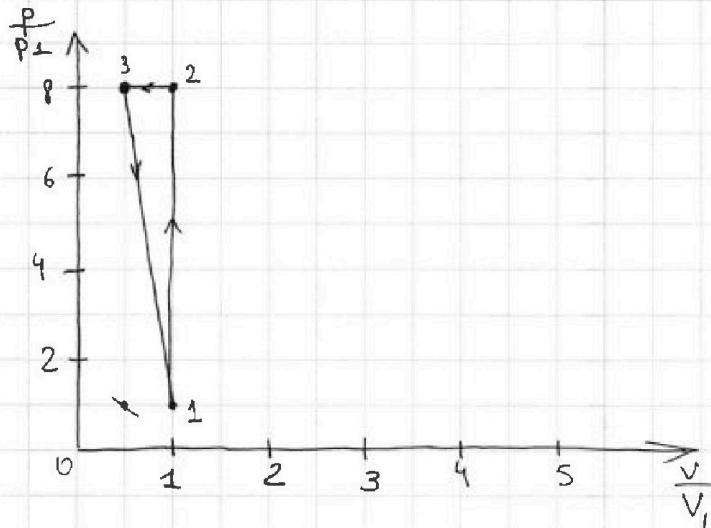
4

5

6

МФТИ

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



Antwort:  $A_{h1} = 2493 \text{ J}_\text{Th}$ ;  $\eta = \frac{5}{24}$



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!

④ Дано:

$$T_1 = 200 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$A_{31} - ? \quad \eta - ?$$

Решение:

Найдем  $T_2$  и  $T_3$ .

$$\frac{T_2}{T_1} = 8 \Rightarrow T_2 = 8T_1 = 1600 \text{ K}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = 4 \Rightarrow T_3 = 4T_1 = 800 \text{ K}$$

$$Q_{31} = \nu C_{31} \Delta T_{31} = \nu 2R(T_1 - T_3) < 0$$

$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$\Delta U_{31} = Q_{31} - A_{31r} \quad \text{, где } A_{31r} - \text{работка газа}$$

$$A_{31} = -A_{31r}$$

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

$$\frac{3}{2} \nu \left( \frac{1}{2} \right) R (T_1 - T_3) = \nu 2R(T_1 - T_3) + A_{31}$$

$$A_{31} = \nu R (T_1 - T_3) \left( \frac{1}{2} - 2 \right) = 1 \cdot 8,31 (200 - 800) \left( \frac{3}{2} - 2 \right) =$$

$$= 8,31 \cdot 600 \cdot \frac{1}{2} = 3 \cdot 831 = 2493 \text{ (Дж)}$$

$A_{31r}$

$$Q_{12} = \nu C_{12} \Delta T_{12} = \nu 1,5R (T_2 - T_1) > 0$$

$$Q_{23} = \nu C_{23} \Delta T_{23} = \nu 0,5R (T_3 - T_2) < 0 \quad \eta = \frac{A}{Q_H}$$

$$\eta = \frac{Q_H + Q_X}{Q_H} = 1 + \frac{Q_X}{Q_H}, \quad \text{где } Q_X - \text{на ходильном} \\ Q_H - \text{от паровагоне}$$

$$\eta = 1 + \frac{\nu 0,5R (T_3 - T_2) + \nu 2R(T_1 - T_3)}{\nu 1,5R (T_2 - T_1)} = \frac{0,5(T_3 - T_2) + 2(T_1 - T_3)}{1,5(T_2 - T_1)} + 1$$

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!

$$\eta = 1 + \frac{-\gamma(0,5 \cdot 800 + 2 \cdot 600)}{1,5 \cdot 1400} = 1 - \frac{1600}{2100} = 1 - \frac{16}{21}$$

$$= \frac{5}{21}$$

3) ~~показать~~  $p_1V_1 = \gamma RT_1$  - б 1 тоже  
 $p_2V_2 = \gamma RT_2$  - б 2 тоже  
 $p_3V_3 = \gamma RT_3$  - б 3 тоже

$$p_1V_1 : p_2V_2 : p_3V_3 = T_1 : T_2 : T_3$$

Рассчитаем процесс 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} \gamma R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{12} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow \text{процесс 1-2 не} \\ Q_{12} = V C_{p,0} T_{12} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{12} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow \text{окончательно} \\ \text{заканчивается} \\ \text{работой} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  процесс 1-2 - изохорный. ( $V = \text{const}$ )  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{1600}{800} = 2$$

$$C_V = C_p + R \Rightarrow C_p = 1,5 R - R = 0,5 R = C_{23} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  процесс 2-3 - изобарный ( $p = \text{const}$ )

$$p_2 = p_3 \Rightarrow \frac{V_2}{V_3} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{1600}{800} = 2$$

$$\text{Значит: } V_1 = V_2 = 2V_3$$

$$p_3 = p_2 = 2p_1$$

Построим график:

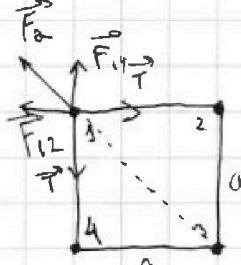
уп 11

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

(5.)



Рассмотрим шарик 1.  
сила  $F_{12}$  - взаимодействие

$$1 \text{ и } 2 \quad F_{12} = 1 \text{ и } 4$$

сила  $F_2$  - взаимодействие 1 и 3

$$F_{14} = F_{12} = k \frac{q^2}{r^2}, \text{ где } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$F_2 = k \frac{q^2}{2a^2}$$

шарик 6 покое. Тогда:

$$2F_{12} + F_{14} + F_2 + T + T = 0$$

$$\sqrt{2} k \frac{q^2}{r^2} + k \frac{q^2}{2a^2} = \sqrt{2} T$$

$$k \frac{q^2}{a^2} = \frac{\sqrt{2} T}{\sqrt{2} + \frac{1}{2}} \Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{\sqrt{2} T}{(\sqrt{2} + 0,5)k}} \cdot a$$

$$|q| = a \sqrt{\frac{\sqrt{2} T \cdot 4\pi\epsilon_0}{\sqrt{2} + 0,5}}$$

Рассмотрим ~~изменение~~ энергию системы до  
перемещения и после перемещения:

$$W_{go} = W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{23} + W_{24} + W_{34}$$

$$W_{12} = W_{23} = W_{34} = W_{14} = k \frac{q^2}{a}$$

$$W_{24} = W_{13} = k \frac{q^2}{\sqrt{2}a}$$

ст 5

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!

$$W_{go} = k \frac{q^2}{a} \left( 4 + \frac{2}{\sqrt{2}} \right)$$

Рассмотрим движение после перемещения:

$$W_{\text{расч}} = W_{12}^1 + W_{13}^1 + W_{14}^1 + W_{23}^1 + W_{24}^1 + W_{34}^1 +$$



$$+ K_1 + K_2 + K_3 + K_4$$

(т.к. у маркированной группы имеется)

т.к. они не расходятся, то марки движутся все  
одинаково с одной скоростью:

$$K = K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = \frac{m \cdot \omega^2}{2}$$

$$W_{12}^1 = W_{23}^1 = W_{34}^1 = k \frac{q^2}{2a}$$

$$W_{13}^1 = W_{24}^1 = k \frac{q^2}{2a}$$

$$W_{14}^1 = k \frac{q^2}{3a}$$

$$W_{\text{расч}} = k \frac{q^2}{a} \left( 3 + \frac{2}{2} + \frac{1}{3} \right) + 4K = k \frac{q^2}{a} \cdot \left( 4 \cdot \frac{1}{3} \right) + 4K$$

По ЗСД:

$$W_{go} = W_{\text{расч}}$$

$$k \frac{q^2}{a} \left( 4 + \frac{2}{\sqrt{2}} \right) = k \frac{q^2}{a} \left( 4 + \frac{1}{3} \right) + 4K$$

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

$$= \frac{q^2}{16 \pi \epsilon_0 a} \left( \frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right) = \frac{a^2 \cdot \sqrt{2} \pi \cdot 4 \pi \epsilon_0}{16 \pi \epsilon_0 a (\sqrt{2} + 0,5)} \left( \frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right) = \frac{a \sqrt{2} \pi}{4(\sqrt{2} + 0,5)} \left( \frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right)$$

от 6

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

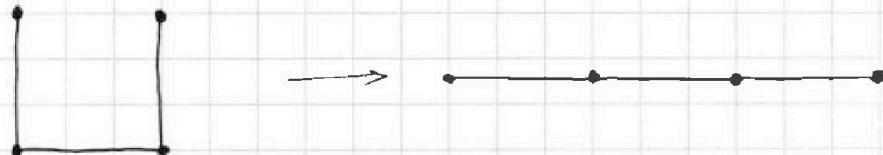
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

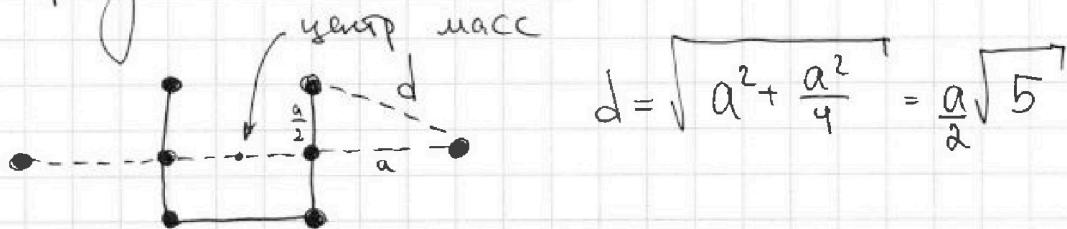
МФТИ

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

Рассмотрим ситуацию сразу после перенаправления и ситуацию, когда они вернулись в ног.



Когда одно положение переходит в другое никакие внешние силы на систему не действуют  $\Rightarrow$  центр масс всегда остается на месте. В первой ситуации они был в центре квадрата, во второй ситуации - в середине средней линии.



$$d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$

Ответ:  $|g| = a \sqrt{\frac{4\pi T \cdot 4\pi \epsilon_0}{\sqrt{2} + 0,5}}$ ;  $K = \frac{a\sqrt{2}T}{4(\sqrt{2} + 0,5)} \left( \frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right)$ ;

$$d = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

$$\cos 2\beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \beta = 1 - 2 \sin^2 \beta = 2 \cos^2 \beta - 1$$



cos<sup>2</sup> β

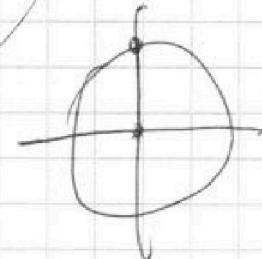
$$\frac{\cos^2 \beta - \sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{2 \cos^2 \beta - 1}{\cos^2 \beta}$$

1:

относят  
вероят

(F<sub>0</sub>) T = 1P

$$1 - \tan^2 \beta = \left( 2 - \frac{1}{\cos^2 \beta} \right)$$



$$\frac{\cos 0.5V_1 + P_1}{\cos 0.5V_1 - P_1} = \frac{1}{\cos^2 \beta} = 1 + \tan^2 \beta$$

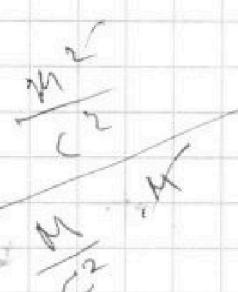
$$\frac{2}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$$

8-5-  
25

$$\cos 2\beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \beta = \cos 2\cos^2 \beta - 1 = \cos^2 \beta$$

$$1 - \tan^2 \beta = 2 - \frac{1}{\cos^2 \beta} \quad \frac{a_1}{a_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

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



$$(1 - \cos) (-ax^2 + x - a) = 0$$

$$-a \cdot 2x + 1 - 0$$

$\frac{-b}{2a}$  - при  
таком  
+

$$a^2 - b^2$$

$$x = \frac{1}{2a}$$



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"/> |

МФТИ

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

$$C_V \quad C_P \quad C_T \quad 0$$

~~$$C_P = 3C_V$$~~

$$3-2 \quad V = \text{const}$$

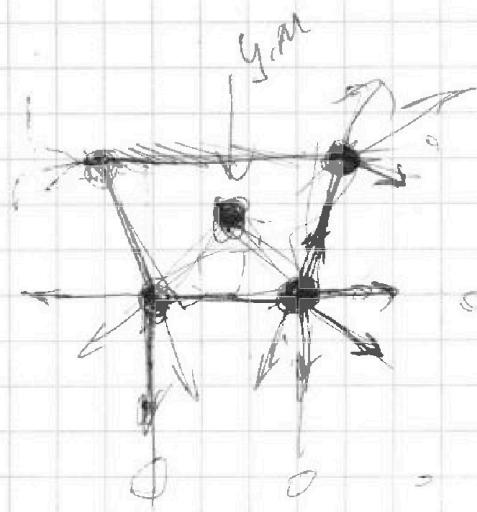
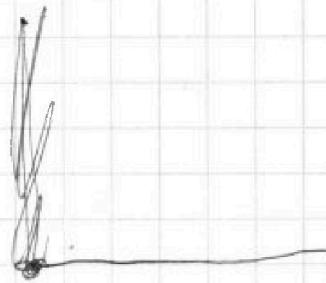
$$T_2 - P = \text{const}$$

$$C_V + \left(\frac{\partial}{\partial T}\right) P$$

1, 2, не в работе

$$C_V = 1.5R$$

~~$$C_V = C_P + R$$~~





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"/> |

МФТИ

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

~~2x^2~~

$$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x = \\ = 2 \cos^2 x - 1$$

~~2x^2~~

$$1 - \tg^2 x = 2 \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\frac{1}{\cos^2 x} = 2 - 1 + \tg^2 x$$
$$1 + \tg^2 x$$

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!

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

$$p_1 V = \lambda R T_1$$

$$p_2 V_2 = \lambda R T_2$$

$$p_3 V_3 = \lambda R T$$

$$p_0 V$$

$$\lambda = \frac{Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}} + Q_{\text{х}}}$$

$$A_{\text{н}}$$

$$\lambda = \frac{A_{\text{н}}}{A_{\text{н+х}}} (Q_{\text{н}} + Q_{\text{х}})$$

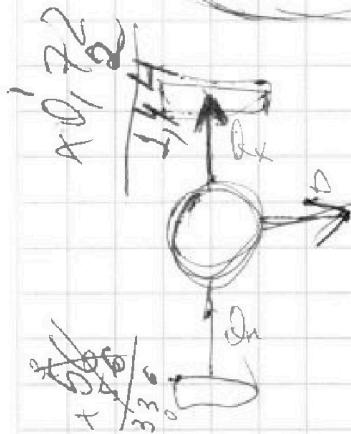
$$A_{\text{н}}$$

$$\frac{s}{2 \cdot \cos \beta} (\frac{\cos \alpha \beta - \sin \alpha \beta}{\cos \alpha}) + \tan \beta \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

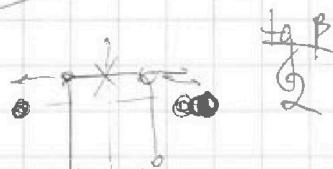
$$u = \frac{1}{2} \sqrt{R T}$$



$$-Q_{\text{н}}$$



$$\lambda = \frac{A_{\text{н}}}{A_{\text{н+х}}} (Q_{\text{н}} + Q_{\text{х}})$$

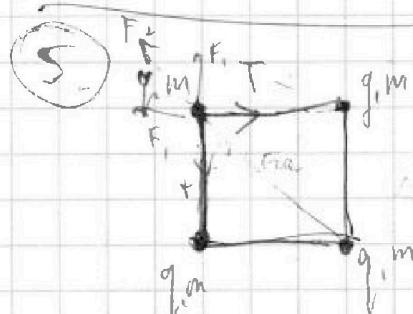


$$u M - \text{остаток}$$

$$B = 10 \text{ кг}$$

путь блоков

$$u M$$



$$F_1 = k \frac{q^2}{a^2}$$

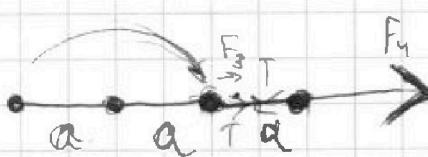
$$F_2 = \frac{k q^2}{2 a^2}$$

$$\sqrt{2} T = \sqrt{2} k \frac{q^2}{a^2} + \frac{k q^2}{2 a^2}$$

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} = \frac{1 - \sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{1 - \cos^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{1}{\cos^2 \beta} - 1$$

$$\sqrt{2} T = \frac{k q^2}{a^2} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) \Rightarrow q = \frac{M}{m}$$

$$W_s = \frac{k q^2}{r}$$



$$F_3 + T = F_4 - T$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

$$\eta = \frac{Q_{\text{выход}}}{Q} \quad \begin{array}{l} \text{1} \\ \text{Q} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{2} \\ \text{Q}_{\text{выход}} + Q_{\text{выход}} \end{array}$$

$$\textcircled{5} \quad f = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\textcircled{4} \quad Q = \frac{1}{2} \nu C_v T \quad \nu C_v T = Q$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 8 \Rightarrow T_2 = 8T_1$$

$$T_1 = 200 \text{ K}, \quad T_2 = 1600 \text{ K}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = 4 \Rightarrow T_3 = 800 \text{ K}$$

$$\Delta U = Q - A$$

$$Q = \nu C_v T$$

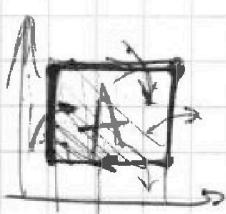
$$-600 \text{ K}$$

$$A_{31\text{ разн}} - \text{отриц}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T$$

$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow C_v T - A_{31\text{ разн}}$$

$$A_{31\text{ разн}} = \nu C_v T - \frac{1}{2} \nu R \Delta T$$



$$A = \frac{1}{2} \nu R + \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$\nu R T \left( C_v - \frac{1}{2} R \right)$$

$$A_{31\text{ разн}} = A_{31\text{ разн}}$$

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

Равн  
разн  
методом

$$\frac{Q_1 + Q_2}{2R}$$

$$\frac{83}{3} \times \frac{3}{2453} \cdot 2453$$