



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

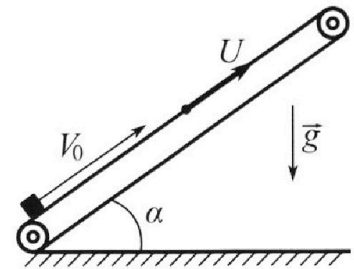
2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке.

Сопrotивление возд уха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 4$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = \frac{1}{3}$ . Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в первом опыте путь  $S = 1$  м?

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

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

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости  $V_0$  за одинаковое время.

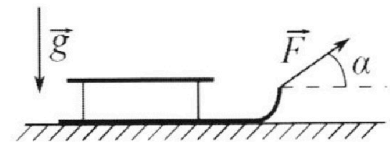
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости  $V_0$  действие внешней силы прекращается.

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

2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



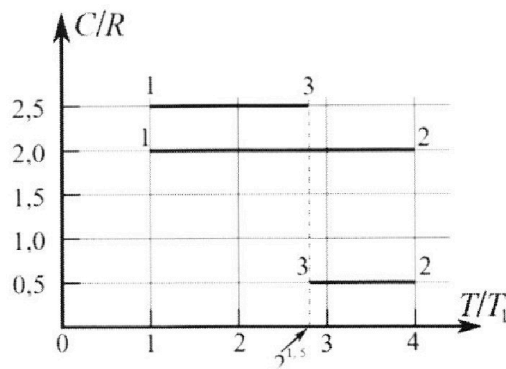
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



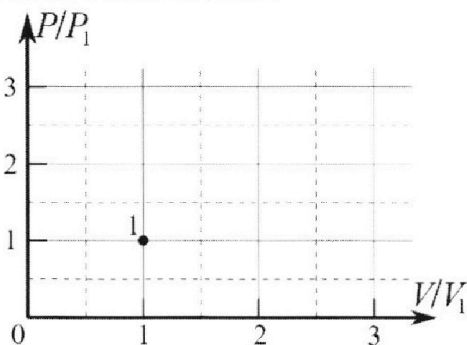
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1  $T_1 = 400$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



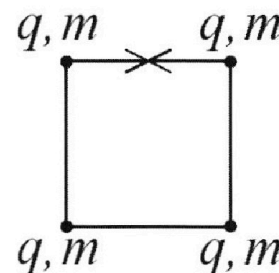
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



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



1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость  $V$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



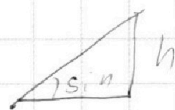
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

№2

$$2) \quad \frac{mv^2}{2} = mgh$$



$$\sin \alpha = \frac{h}{L}$$

$$L = 2h$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$$

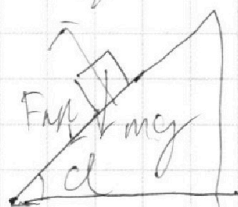
$$v_0 = at_1$$

$$t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

~~$t = 0,2 \text{ с}$~~   $L =$

$$v = v_0 - at_1$$

$$L_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = 4 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,16}{2}$$



$a = \text{const}$

$$= 1,6 - 0,8 = 0,8 \text{ м}$$

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

$$0 = v_0 + aT$$

$$aT^2 + 2v_0 T - 2S = 0$$

$$T = -\frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

$$D_1 = v_0^2 + 2Sa < 0$$

$$S_1 = 4 \cdot 0,4 + \frac{10 \cdot 0,16}{2} = 0,8 \text{ м}$$

$$S_2 = 0,2 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{at_2^2}{2}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a}} = \sqrt{\frac{0,4}{10}} = \sqrt{0,04} = 0,2 \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 = 0,6 \text{ с}$$

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

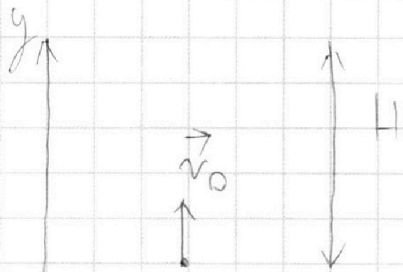
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

I.



Мы знаем, что при  
вертикальной броске  
время полета вверх равно  
времени полета вниз,

значит:

$$t_0 = t_{\uparrow} + t_{\downarrow} = 2T$$

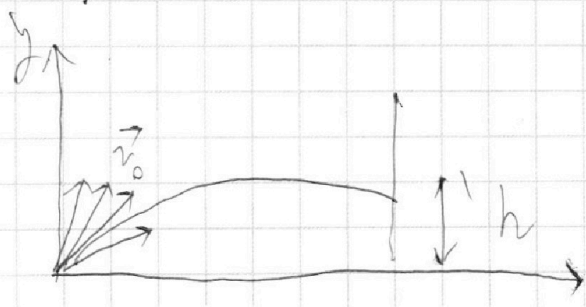
Запишем уравнение движения:

$$0 = v_0 \cdot 2T - \frac{g(2T)^2}{2}$$

$$2gT = 2v_0$$

$$v_0 = gT = 20 \text{ м/с}$$

II.



Запишем уравнения др.  
в проекциях на оси:

$$x: S = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$y: h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Для максимального  
горизонтального расстояния  
при  $\alpha = 45^\circ$

$$h = \frac{1}{2} S = 10 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

Будет двигаться со скоростью  $u = 2 \text{ м/с}$ ,  
в  $C.O$  трансформера она будет покоится.  
Запишем уравнение движения коробки от момента  
остановки в  $C.O$  трансформера:

$$L_k = v_0 t_0 - \frac{a t_0^2}{2} = \Delta x_{\text{max}} = 0,8 \text{ м}$$

Но за время остановки  $t_0$  трансформер  
подвинется коробку еще на:

$$L_m = u t_0 = 0,8 \text{ м}$$

$$L = L_k + L_m = 1,6 \text{ м}$$

III. В  $C.O$  земли коробка останавливается при  
скорости равной  $u$ , направленной против.

Значит она разворачивается от точки  $L$  от момента  
остановки в  $C.O$  земли.

$$u = a t_3$$

$$t_3 = \frac{u}{a} = 0,2 \text{ с} \Rightarrow S_3 = \frac{a t_3^2}{2} = 0,2 \text{ м}$$

$$\Rightarrow L_3 = t_3 u = 0,4 \text{ м (расст. на$$

$$L_{\text{общ}} = L + L_3 - S_3 = 1,8 \text{ м}$$

$$H = L \sin \alpha = 1,44 \text{ м}$$

которое конв. противу конв.)

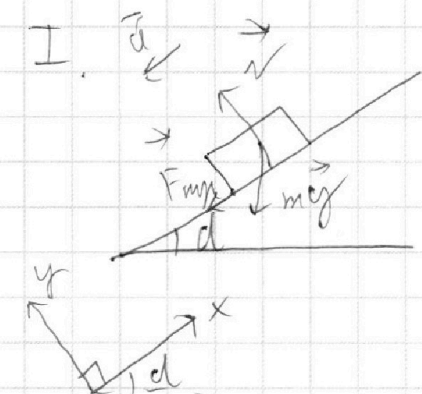
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



Возьмем второй закон Ньютона на оси:

$$x: \sin \alpha \cdot mg + F_{\text{тр}} = ma \quad | \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = \\ = g(\sin \alpha + \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}) = 10 \text{ м/с}^2$$

Найдём на какую максимальную высоту поднимется коробка. Для этого найдём время остановки и подставим в уравнение движения:

$$0 = v_0 - a t_0$$

$$t_0 = \frac{v_0}{a} = 0,4 \text{ с}$$

$$S_{\text{max}} = v_0 t_0 - \frac{a t_0^2}{2} =$$

$$= 0,8 \text{ м}$$

$S_{\text{max}} < S \Rightarrow$  тело не успевает пройти  $S - S_{\text{max}}$  путь.

$$S - S_{\text{max}} = \frac{a t_0^2}{2} \Rightarrow t_0 = \frac{2(S - S_{\text{max}})}{a} = 0,04 \text{ с}$$

$$T = t_0 + t_0 = 0,4 + 0,04 = 0,44 \text{ сек}$$

II. Транспортиёр движется к коробке с konst. скоростью, а значит ускорение  $a$  не изменится.

Когда в с.о земли коробка  $\Rightarrow$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

 МФТИ

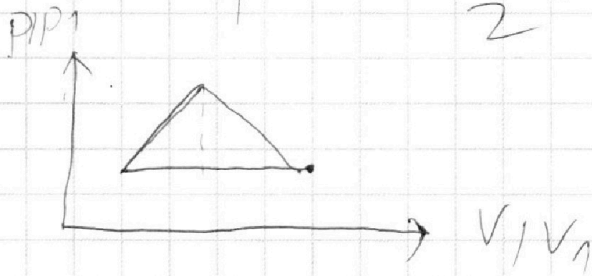
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} \Delta p \cdot \Delta V &= \nu R T_1 (2 - \sqrt{2}) \\ \int p \Delta V &= \nu R T_1 \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta p \Delta V}{p_1 V_1} = 2 - \sqrt{2}$$

$$\Delta p \Delta V = 2 p_1 V_1 - \sqrt{2} p_1 V_1$$

$$\Delta p = \frac{2 - \sqrt{2}}{2} \cdot p_1 = 10 \text{ V}$$



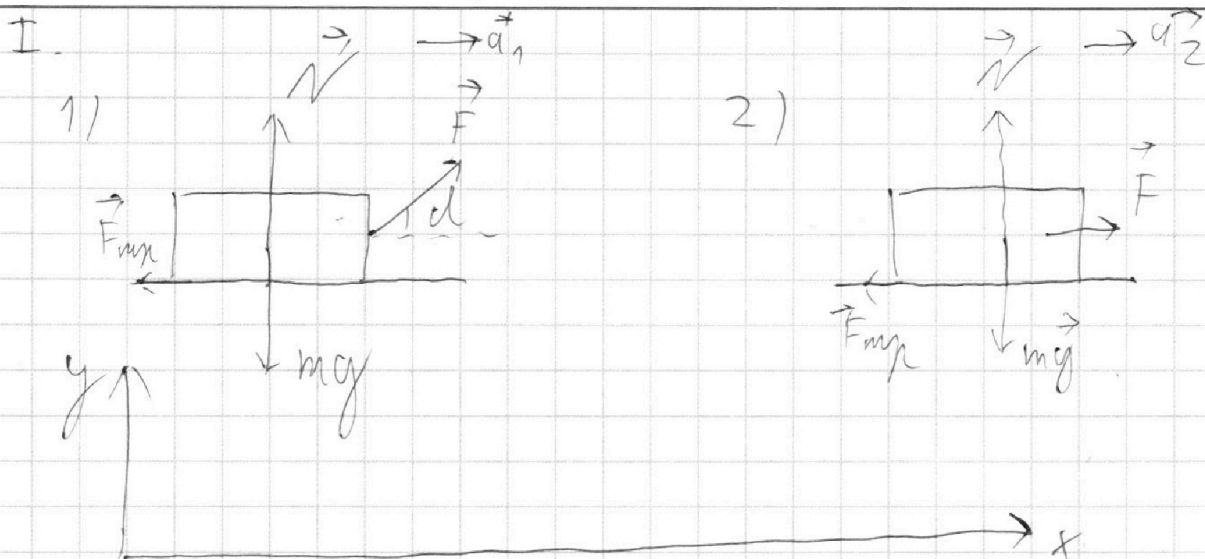
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Запишем второй закон Ньютона для  
обоих случаев:

$$\textcircled{1}: \quad x: \quad F \cos \alpha - F_{m\mu} = ma_1$$

$$y: \quad N - mg + F \sin \alpha = 0 \Rightarrow N = mg - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma_1$$

$$\textcircled{2}: \quad x: \quad F - F_{m\mu} = ma_2$$

$$y: \quad N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$$

$$F - \mu mg = ma_2$$

Мы знаем что:

$$v_0 = a_1 t_1 = a_2 t_1 \Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow ma_1 = ma_2 \Rightarrow$$

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



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"/>

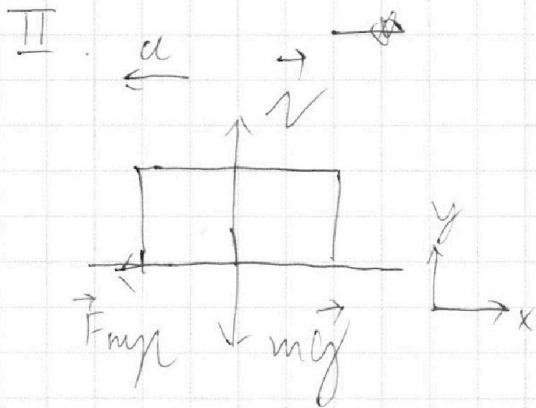
**МФТИ**

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



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

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



$$\mu mg = ma$$
$$a = \mu g$$

Запишем уравнение замкнутой системы:

Ускорения:

$$x: F_{\text{нуп}} = ma$$

$$y: N = mg$$

$$0 = v_0 - aT$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

I. Ваттметр измеряет мощность термодинамики:

$$\Delta U = Q - A$$

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

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \nu \Delta T_{12} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} =$$

$$= 2R \nu \Delta T_{12} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = \nu R (\nu T_1 - T_1) \left( 2 - \frac{3}{2} \right) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К} = 4886 \text{ Дж}$$

II  $\eta = \frac{A}{Q_n}$ ; Изберемая с Q-шками:

$$Q_{12} = C_{12} \nu \Delta T_{12} = 2R \cdot \nu \cdot 3T_1 = 6 \nu R T_1$$

$$Q_{23} = C_{23} \nu \Delta T_{23} = \frac{R}{2} \nu T_1 (2\sqrt{2} - 1) = -\nu R T_1 (2 - \sqrt{2})$$

$$Q_{31} = C_{31} \nu \Delta T_{31} = \frac{2}{1} \nu R \nu T_1 (1 - 2\sqrt{2}) = -2,4 \nu R T_1 (2\sqrt{2} - 1)$$

$$\Downarrow$$
$$Q_n = Q_{12}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = \frac{6 \nu R T_1}{\nu R T_1} \left( \frac{6 - 2 + \sqrt{2} + 2,4 - 5\sqrt{2}}{6} \right)$$

$$= \frac{6,4 + 4\sqrt{2}}{6} \approx 0,75 = 75\%$$

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!

III. Укажем все работы:

$$A_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{RT_1}$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{R}{2} \sqrt{\Delta T_{23}} - \frac{3R}{2} \nu \Delta T_{23} =$$

$$= \sqrt{R} \nu \Delta T_{23} \left( \frac{1}{2} - \frac{3}{2} \right) = +\nu R (4T_1 - 2\sqrt{2}T_1) =$$

$$= 2\nu R T_1 (2 - \sqrt{2})$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = 2,5 R \nu \Delta T_{31} - \frac{3}{2} R \sqrt{\Delta T_{31}} =$$

$$= R \nu (T_1 - 2\sqrt{2}T_1) (2,5 - 1,5) = \cdot R \nu T_1 (1 - 2\sqrt{2})$$

Заметим:

$$A_{12} \approx \frac{5}{4} A_{23} \approx \frac{5}{6} A_{31}$$

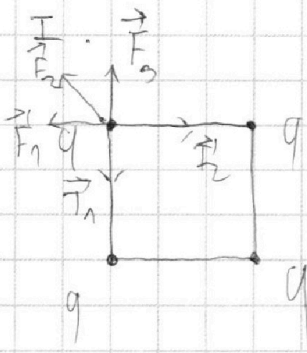
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Запишем второй закон Ньютона:

$$x: T_2 - F_1 - F_2 \cos \alpha = 0$$

где заметим, что сила  $F_2$  действует по направлению гипотенузуса,

а значит  $\alpha = 45^\circ$

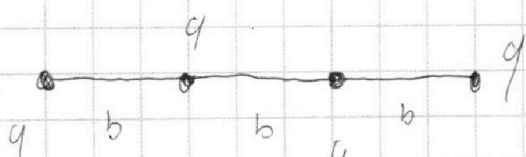
$$T_2 = F_1 + F_2 \cos \alpha = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$$

$$y: T_1 - F_3 - F_2 \cos \alpha = 0$$

$$T_1 = F_3 + F_2 \cos \alpha, \text{ заметим, что } F_3 = F_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_1 = T_2 = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$$

III.



Запишем закон сохранения энергии:

и для любого участка:

$$\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b^2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

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

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!

III Выделим левую пару шариков.

Т.к. между ними натягива нить (а шарик стремится разлететься), то расстояние между ними равно  $b$  ( $b = \text{const}$ ). Результативная векторная сумма скорости шарика нашей пары направлена влево и ~~вправо~~ вверх. Влево он двигаться не может а значит пойдет вверх по дуге окружности радиуса  $b$  с центром в нити шарике нашей пары.

$$d = \frac{2\pi b}{4} = \frac{\pi b}{2} \quad (\text{длина окружности } d)$$

длина на 4 т.к шарик пройдет  $1/4$  окруж.

то ~~до~~ до момента столкновения на дуге нити с ниткой "натянутой"

Ответ:  $\frac{\pi b}{2}$

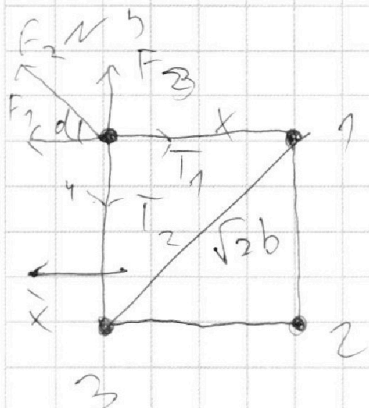
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

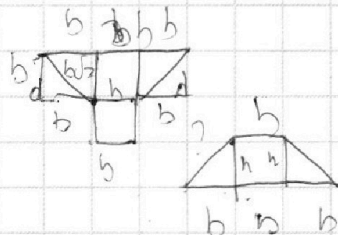
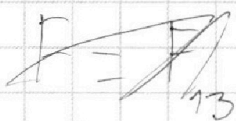
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$F_1 = F_3 = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_{13} = \sqrt{\left(\frac{kq^2}{b^2}\right)^2 + \left(\frac{kq^2}{b^2}\right)^2} = \frac{k\sqrt{2}q^2}{b^2}$$

$$F_2 = \frac{kq^2}{\sqrt{2}b^2}$$

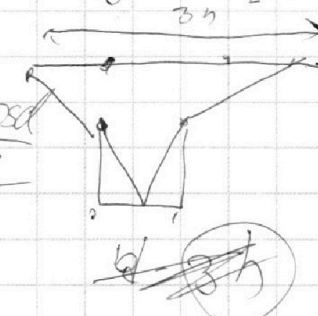


x:  $F_1 + \cos \alpha F_2 = T_1$

$$\cos \alpha = \frac{T_1}{F_1} = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b^2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}b^2}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}b^2}\right)^2}$$

$$= \frac{2\sqrt{2}kq^2 + kq^2}{2\sqrt{2}b^2} = T_2$$



y:  $F_3 + F_2 \cos \alpha = T_2$

2)  $3(1 - 2 \cos \alpha)$

$$\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b\sqrt{2}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

$$\frac{\sqrt{2}kq^2}{b\sqrt{2}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{5kq^2}{6b}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{6\sqrt{2}kq^2 - 5kq^2}{6b}$$

$$v = \sqrt{\frac{kq^2}{m}} = q\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kq^2 \cdot 6\sqrt{2}b}{6b \cdot 3b} = \frac{kq^2}{3b}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

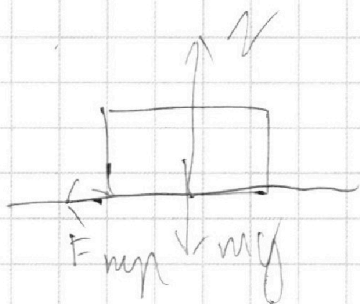
МФТИ

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



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

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



$$ma = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

$$0 = v_0 - \mu g T$$

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

нч

$$Q = C \sqrt{\Delta T} \quad \Delta T_{12} = 3T_1$$

$$Q_{12} = C_{12} \sqrt{\Delta T_{12}} = 3T_1 C_{12} \quad \Delta T_{31} = T_1 2\sqrt{2} T_1$$

$$Q_{23} = C_{23} \sqrt{\Delta T_{23}} = 2.5 T_1 C_{23} \quad \Delta T_{23} = 1.5 T_1$$

$$Q_{31} = C_{31} \sqrt{\Delta T_{31}} =$$

$$= T_1 C_{31} \sqrt{2\sqrt{2} - 1}$$

$$\Delta U = Q + 4cm \Leftrightarrow 0 - A$$

$$= 2.5 T_1$$

$$= T_1 2\sqrt{2} - 4 T_1 =$$

$$= T_1$$

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

$$bU_{12} + bU_{23} + bU_{31} = 0$$

$$3T_1 \sqrt{C_{12}} - A_{12} + 2T_1 \sqrt{C_{23}(\sqrt{2}-2)} - A_{23} + T_1 \sqrt{C_{31}(2\sqrt{2}-1)} - A_{31} = 0$$

$$T_1 \sqrt{C_{12} + 2C_{23}(\sqrt{2}-2) + C_{31}(2\sqrt{2}-1)} - \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{3} = 0$$

$$\Rightarrow U_{12} = U_2 - U_1 = \sqrt{RT_1} - \sqrt{RT_1} = 3\sqrt{RT_1}$$

$$bU_{12} = Q_{12} + A_{12}$$

$$A_{12} = Q_{12} - bU_{12} = 3T_1 \sqrt{C_{12}} - 3T_1 \sqrt{R} =$$

$$= 3T_1 \sqrt{(2R - R)} = 3T_1 \sqrt{R} \quad P_{12} U_{12} = \sqrt{RT_1}$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = 1 - \frac{Q_{12}}{Q_0} = \frac{Q_{12}}{Q_0}$$

$$\eta = T_1 \sqrt{C_{12} + 2C_{23}(\sqrt{2}-2) + C_{31}(2\sqrt{2}-1)}$$

$$T_1 \sqrt{C_{12} + C_{31}(2\sqrt{2}-1)}$$

$$= \frac{6R + R\sqrt{2} - 2R + 5R\sqrt{2} - 2,5R}{6R + 5R\sqrt{2} - 2,5R}$$

$$= \frac{1,5 + \sqrt{2} + 5\sqrt{2}}{4,5 + 5\sqrt{2}} = \frac{1,5 + 6\sqrt{2}}{4,5 + 5\sqrt{2}} \approx \frac{0,9}{1,5} \approx \frac{100}{115} \approx \frac{20}{23}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

$$2) \quad \rho_0 = \rho_1 \quad L_1 = S_1$$

$$L_2 = \rho_1 u = 0,4 \cdot 2 = 0,8$$

$$L = L_1 + L_2 = S_1 + \rho_1 u = 1,6 \text{ м}$$

$$3) \quad a \rho_3 = u$$

$$\rho_3 = \frac{u}{a} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

$$\Rightarrow S_3 = \frac{a \rho_3^2}{2}$$

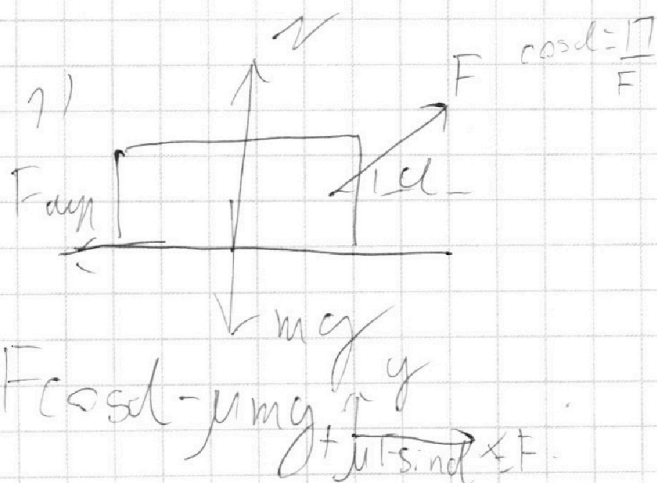
$$H = h_1 - h_2 =$$

$$\sin \alpha = \frac{h_1}{L_1} \Rightarrow h_1 = \sin \alpha L_1; \quad \sin \alpha = \frac{h_2}{S_3} \Rightarrow$$

$$H = \sin \alpha \left( L - \frac{a \rho_3^2}{2} \right) = 0,8 \text{ м} \quad \left( 1,6 - \frac{10 \cdot 0,04}{2} \right) = 1,4 \text{ м}$$

н3

↑  $\mu mg$



$$x: F \cos \alpha - F_{\text{fr}} = ma$$

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

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

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

$$x: F - F_{\text{fr}} = ma \quad | \quad F - \mu mg = ma$$

$$y: N = mg$$

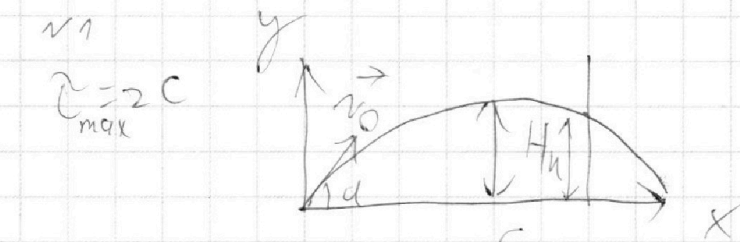
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$0 = v_0 \sin \alpha \tilde{t} - \frac{g}{2} \tilde{t}^2$$

$$2g \tilde{t}^2 = 2v_0 \sin \alpha \tilde{t}$$

$$g \tilde{t} = v_0 \sin \alpha$$

$$0 = 2v_0 \tilde{t} - 2g \tilde{t}^2$$

$$1) \quad v_0 = g \tilde{t} = 20 \text{ М/с}$$

$$2) \quad S_{max} = v_0 \cos \alpha \tilde{t}$$

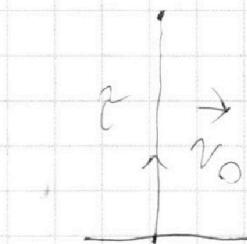
$$S = v_0 \cos \alpha \tilde{t} \Rightarrow$$

$$h = v_0 \sin \alpha \tilde{t} - \frac{g \tilde{t}^2}{2}$$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} = \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

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

$$= S \left( v_0^2 \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{2} + g S \right) / v_0^2 (1 - \sin^2 \alpha)$$



$$\frac{g \tilde{t}^2}{2} = h$$

$$2g \tilde{t}^2 = 2h$$

$$g \tilde{t}^2 = h$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

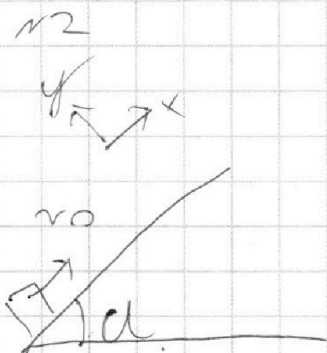
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

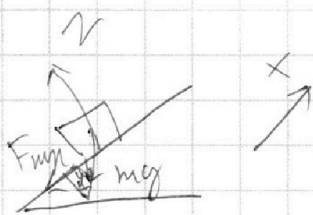


$$h = \frac{S \left( v_0^2 \frac{\sin^2 \alpha}{2} - gS \right)}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$



$$S_x = v_0^2 - \frac{a t^2}{2}$$

~~max~~



$$x: ma = -(F_{np} + \sin \alpha mg)$$

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

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

$$= -g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = -10 \mu c^2$$

$$2S_x = v_0^2 - a t^2$$

$$a t^2 - 2v_0 t + 2S_x = 0$$

$$D_1 = v_0^2 - 2S_x a = 16 + 20 = 36$$

$$t_0 = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2S_x a}}{a} \Rightarrow t_1 = \frac{4 - \sqrt{36}}{-10} = 0,2$$

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



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



$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 12 \\ \hline 1662 \\ 831 \\ \hline 9972 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6,5 \\ - 5,6 \\ \hline 0,9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^2 y \\ \hline 66 \\ ) \end{array}$$

$$A_{23} = Q_{23} - D_{23} =$$

$$\frac{0,9}{6} = \frac{9}{60} = \frac{3}{20} = 0,15$$

$p_1 = 10$  и  $V_1 = V$

$\nu R T_1 = p_1 V_1$

$$A_{31} = Q_{31} - D_{31} = -2,5 \nu R T_1 (2\sqrt{2} - 1)$$

$$4 \nu R T_1 = p_2 V_2 \quad 2\sqrt{2} \nu R T_1 = p_3 V_3$$

$$\nu R T_1 2\sqrt{2} - \nu R T_1 \cdot 4 = 2 \nu R T_1 (\sqrt{2} - 2)$$

$$A_{12} = 3 T_1 \nu R = 3 \nu R T_1 = p_1 \Delta V_{12} = p_1 (V_2 - V_1)$$

по условию  $p_1 = p_2$  и  $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$$V_2 = 4V_1$$

$$\frac{1}{2} R$$

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

$$mv^2 = \frac{kg^2}{6} \left( \frac{1+3\sqrt{2}}{3} \right) = \frac{kg^2 + 3\sqrt{2} kg^2}{36}$$

$$\frac{\sqrt{2+1}}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{6} = \frac{6\sqrt{2} + 6 - 3\sqrt{2}}{6\sqrt{2}} =$$

$$v = \sqrt{\frac{k(1+3\sqrt{2})}{9}}$$

$$= \frac{\sqrt{2+1}}{6\sqrt{2}} \cdot \frac{1+3\sqrt{2}}{3} = \frac{mv^2}{3} \quad v^2 = \frac{1+3\sqrt{2}}{3m}$$

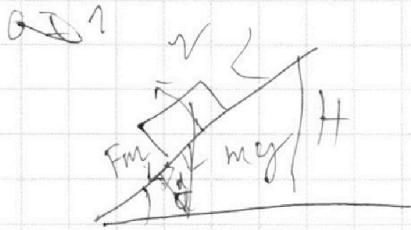
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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

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

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

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

$$0 = v_0 - at$$

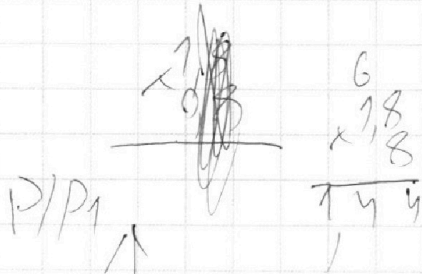
$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{u}{g} = 0,4 \text{ c}$$

$$S_{\text{max}} = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 1,6 - 0,8 = 0,8 \text{ m}$$

$$= 0,8 \text{ m} - 21 = 0,5 \text{ m}$$

$$0,04 \cdot 5 = 0,2 \text{ m}$$

$$\frac{H}{L} = \sin \alpha$$



$$A_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = p_1 \Delta V$$

$$p_2 V_2 - p_1 V_1 = 3 \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$A_{23} = p_2 \Delta V = \nu R T_2 (2 - \sqrt{5})$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = p_1 \Delta V = p_1 V_2 - p_1 V_1$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = C \nu \Delta T_{23} - \nu R \Delta T_{23}$$

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!

I.  $\Delta U = Q - A$  - эмпирическое начало термодинамики

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

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \sqrt{\Delta T_{12}} - U_2 + U_1 =$$

$$C_{12} \sqrt{4T_1 - T_1} - \nu R \cdot 4T_1 + \nu R T_1 = 3T_1 \nu \cdot 2R -$$

$$- 3T_1 \nu R = 3T_1 \nu R = 3 \cdot 400 \text{ К} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} =$$

$$= 9972 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} \times 600 \text{ моль} \\ \times 831 \\ \hline 9972 \end{array}$$

II.

$$\eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{Q_n - Q_0}{Q_n} = 1 - \frac{Q_0}{Q_n}$$

узнаем, какие Q относятся к  $Q_0$  или  $Q_n$ :

$$Q_{12} = C_{12} \sqrt{\Delta T_{12}} = 2R \cdot \nu \cdot 3T_1 = 6\nu R T_1$$

$$Q_{23} = C_{23} \sqrt{\Delta T_{23}} = \frac{R}{2} \nu (2\sqrt{2} - 4) = -\nu R T_1 (2 - \sqrt{2})$$

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

$$\downarrow$$

$$Q_0 = Q_{23} + Q_{31}, \quad Q_n = Q_{12}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{6\nu R T_1 - 2\nu R T_1 + \nu R T_1 \sqrt{2} + 2,5\nu R T_1}{6\nu R T_1} =$$

$$= \frac{4,5 - 4\sqrt{2}}{6} \approx 0,15$$