



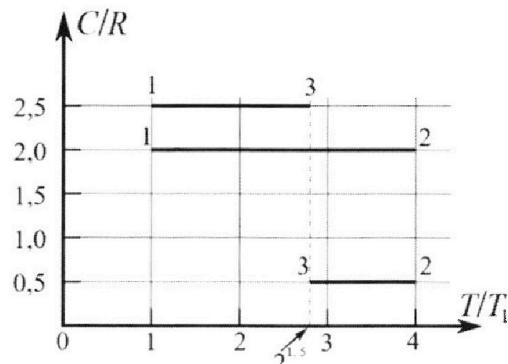
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**

**Вариант 10-01**



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

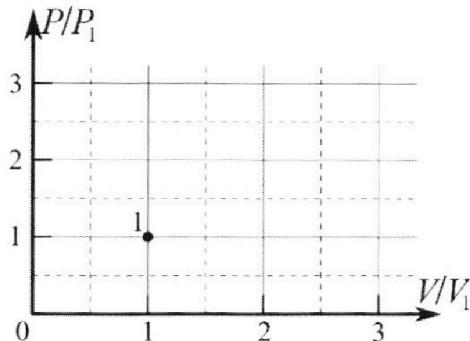
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессы: 1-2,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



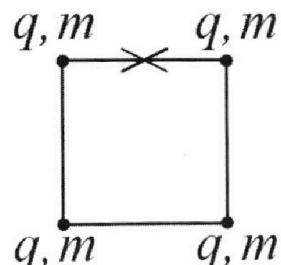
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

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.



# Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023

## Вариант 10-01



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

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

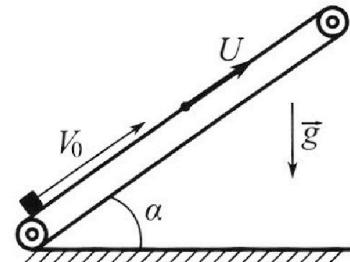
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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

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

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

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



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

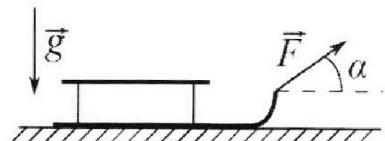
*В втором опыте* коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2 \text{ м/с}$ , и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4 \text{ м/с}$ .

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.

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

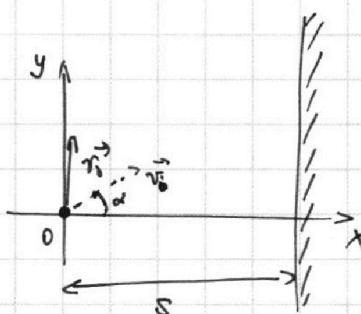
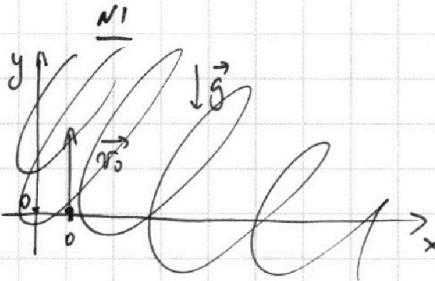
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input 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!



$$1) \quad y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

В точке наиб. выс.  $v_y = 0$

$$v_y = v_0 - g t$$

$$\boxed{v_0} = g \frac{t_0}{2} T = 10 \frac{m}{c^2} \cdot 2c = \boxed{20 \frac{m}{c}}$$

2) Запишем уравнение траектории мяча (выберем сю).

$$x = v_0 \cos \alpha t ; \quad t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \cdot x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = \tan \alpha \cdot x - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad \text{≡}$$

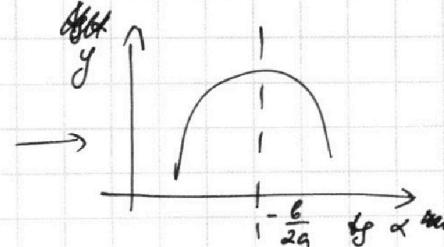
$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \alpha \quad \text{≡}$$

$$\text{≡} \quad \tan \alpha \cdot x - x^2 \frac{g(1 + \tan^2 \alpha)}{2 v_0^2} = x \cdot \tan \alpha - x^2 \frac{g}{2 v_0^2} - x^2 \frac{g \tan^2 \alpha}{2 v_0^2}$$

$$y = -x^2 \cdot \frac{g(1 + \tan^2 \alpha)}{2 v_0^2} + x \cdot \tan \alpha$$

$$y = -\frac{g \tan^2 \alpha}{2 v_0^2} x^2 + \tan \alpha \cdot x - \frac{x^2 g}{2 v_0^2}$$

~~какие~~



В момент, когда мяч ударится об систему:  $x = S$

~~заблокирована~~  
 $y$  — конец траектории

$y(\tan \alpha)$  — парабола вспомог. вин. значим, макс.  $y \leq$   
при  $\tan \alpha$  const. вершина параболы.

$(x_0; y_0)$  — коорд. верши.

$$x_0 = -\frac{b}{2a} = +\frac{x^2}{2 \cdot \frac{x^2 g}{2 v_0^2}} = \frac{v_0^2}{x g} = \tan \alpha_0 = \frac{v_0^2}{g S}$$

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!

N1 (продолж.)  
 $y \alpha_0 = \frac{v_0^2}{g S} = \frac{v_0^2}{gx}$

$$y_{\max} = - \frac{y \alpha_0^2}{2 v_0^2} + y \alpha_0 \cdot x - \frac{x^2 g}{2 v_0^2} =$$

$$= - \frac{\frac{v_0^4}{g x^2} \cdot \frac{g x^2}{2 y_0^2}}{2 y_0^2} + \frac{v_0^2}{g x} \cdot x - \frac{g x^2}{2 v_0^2} = - \frac{v_0^2}{2 g} + \frac{2 v_0^2}{2 g} - \frac{g x^2}{2 v_0^2} =$$
$$= \frac{v_0^4}{2 g v_0^2} - \frac{g x^2}{2 v_0^2 g} = \frac{v_0^4 - g^2 x^2}{2 g v_0^2} = \frac{20^4 - 10^2 \cdot 20^2}{2 \cdot 10 \cdot 20^2} = \frac{400 - 100}{20} = \boxed{15M}$$

(проверка разн.  $\frac{\frac{m^4}{c^4} - \frac{m^2 \cdot m^2}{c^4}}{\frac{m}{c^2} \cdot \frac{m^2}{c^2}} = \frac{m^4 \cdot c^4}{c^4 \cdot m^3} = M; (\checkmark)$ )

Ответ: 1)  $20 \text{ м/c}$   
2)  $15M$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

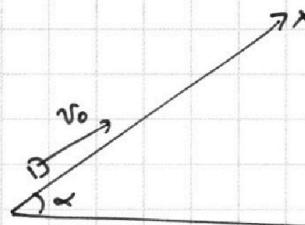


- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

МФТИ

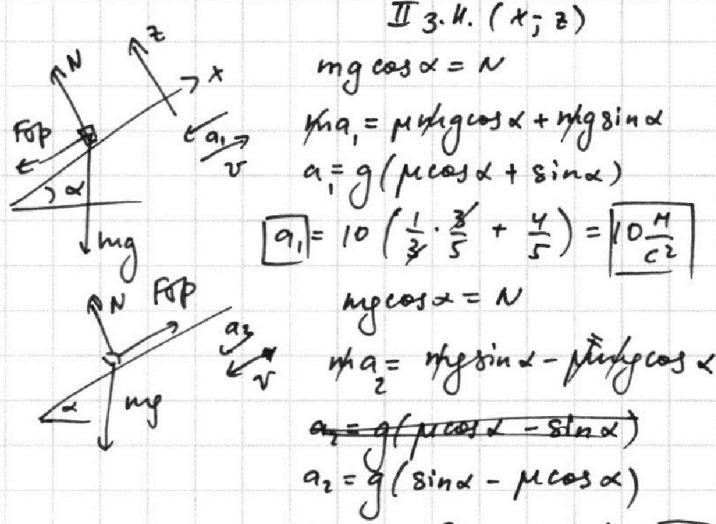
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N2



$$\sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$$



II 3.4. (x; z)

$$mg \cos \alpha = N$$

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

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

$$a_1 = 10 \left( \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right) = \boxed{10 \frac{M}{c^2}}$$

$$\mu g \cos \alpha = N$$

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

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

$$a_2 = g(8 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_2 = 10 \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = \boxed{6 \frac{M}{c^2}}$$

Уравнение движения 1 по линии:

$$x = v_0 t - \frac{a_1 t^2}{2} = v_0 t - 5t^2$$

$$v_x = v_0 - a_1 t = v_0 - 10t$$

Уравнение движения 2 по линии (8 ИСО линий)

$$x = -\frac{a_2 t^2}{2} = -3t^2$$

$$v_x = -a_2 t = -6t$$

t ограничивается от момента  
начала движения

Момент остановки изб. на линии:

$$v_0 - 10t_0 = 0 ; t_0 = \frac{v_0}{10} ; x_0 = \frac{(v_0)^2}{10} - 5 \cdot \frac{(v_0)^2}{100}$$

$$1) t_0 = \frac{v_0}{10} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5} c ; x_0 = \frac{4 \cdot \frac{2}{5}}{10} - 5 \cdot \frac{4}{100} = \frac{4}{5} M$$

осталось проинтегрировать:

$$|x| = 3t^2 = \frac{1}{5} ; t_1 = \frac{1}{\sqrt{15}}$$

$$\boxed{T = t_1 + t_0 = \left( \frac{2}{5} + \frac{1}{\sqrt{15}} \right) c}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

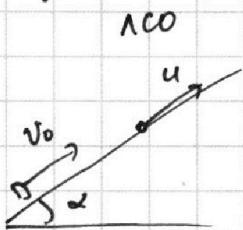
- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

МФТИ

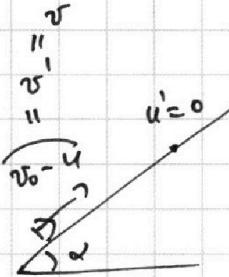


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№3 (продолжение)



$\Rightarrow$



$$v = 4 - 2 = 2 \text{ м/с}$$

$$u = 2 \text{ м/с}$$

Усл.  $a_1, a_2$  не сум.

$$t_0' = \frac{r}{10} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} \text{ с} ; x_0' = 2 \cdot \frac{1}{5} - 2 \cdot \frac{1}{5} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

Хотим момент, когда:

$$v = u ; v' = u - u = 0. \quad (1)$$

или

$$v = -u ; v' = -2u = -4 \text{ м/с} \quad (2)$$

$$(1) \text{ момент стечки нач. движения: } x_0' = \frac{1}{5}$$

$$\boxed{2F x_0' + ut_0' = \frac{1}{5} + 2 \cdot \frac{1}{5} = \frac{3}{5} \text{ м}}$$

$$(2) \text{ при } v' = 0 \text{ время полета}$$

$$v = -a_2 t_2 = -2u ; t_2 = \frac{2u}{a_2} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{ с}$$

$$\Delta x = -\frac{a_2 t_2^2}{2} = -\frac{2}{3} \cdot \frac{4}{3} = -\frac{4}{3} \text{ м}$$

$$\boxed{2F x_0' + ut_0' + \Delta x + ut_2 = \frac{3}{5} - \frac{4}{3} + 2 \cdot \frac{2}{3} = \frac{3}{5} \text{ м}}$$

$$3) v = 0 ; v' = 0 - u = -u$$

Кинематика еще одна:

$$v = -a_2 t_3 = -u ; t_3 = \frac{u}{a_2} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$\Delta x = -\frac{1}{2} a_2 t_3^2 = -\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} = -\frac{1}{3} \text{ м}$$

$$x_3 = x_0' + ut_0' + \Delta x + ut_3 = \frac{3}{5} + \frac{1}{3} + \frac{2 \cdot 1}{3} = \frac{3}{5} + \frac{1}{3} = \frac{14}{15} \text{ м}$$

$$\boxed{u = x_3 \sin \alpha = \left( \frac{14}{15} \cdot \frac{4}{5} \right) = \frac{56}{75} \text{ м}}$$

$$\text{Ответ: 1)} \left( \frac{2}{5} + \frac{1}{15} \right) \text{ с} ; 2) \frac{3}{5} \text{ м} ; 3) \frac{56}{75} \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

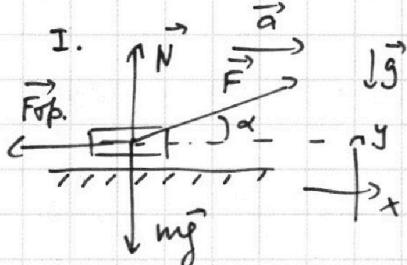
6

**МФТИ**



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

N3



II 3.4. (на  $\alpha$  и  $\mu$ )

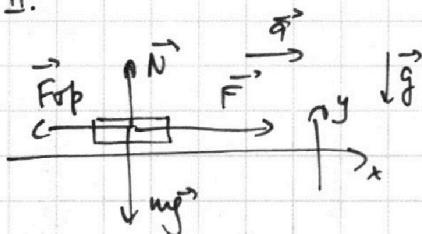
$$ma = F \cos \alpha - F_f \mu = F \cos \alpha - \mu N$$

~~$$mg = N + F \sin \alpha ; N = mg - F \sin \alpha$$~~

~~алгебраическое уравнение~~

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

II.



$$N = mg$$

$$ma = F - F_f \mu = F - \mu mg$$

$$v = v_0 + at ; t = \frac{v - v_0}{a} ; v_0 = 0 ; t = \frac{v}{a}$$

$$t_1 = t_2 ; \frac{v}{a_1} = \frac{v}{a_2} ; a_1 = a_2$$

1)  $ma = ma$

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

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

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

$$\mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha$$

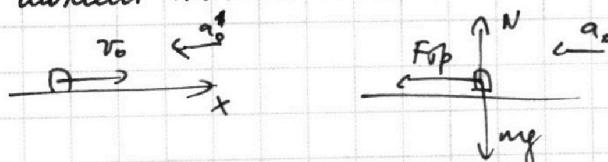
$$M = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Однако:

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

$$2) T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

2) движение начала отсчета — внешнее f. силою прекращено



$$\begin{cases} N = mg \\ ma_0 = F_f \mu = \mu mg \\ a_0 = \mu g \end{cases} \quad \text{II 3.4.}$$

свойства ост:  $v_x = 0$

$$v_x(T) = 0$$

$$v_x(T) = v_0 - a_0 T = 0$$

$$v_0 = a_0 T$$

$$T = \frac{v_0}{a_0} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

N4

Заменим, что, если  $p = \text{const}$

$$Q = A + \alpha U = p\delta V + \frac{3}{2} \delta R_{\text{от}} T = \frac{5}{2} \delta R_{\text{от}} T = C \delta R_{\text{от}} T ; C = \frac{5}{2} R = 2,5 R$$

значит процесс 1-3 изобарический.

$$\begin{aligned} pV &= \delta RT \\ Q &= \alpha U + A \\ Q &= C \delta R_{\text{от}} T \end{aligned}$$

Из графика:

$$T_2 = 4T_1$$

$$T_3 = \beta T_1$$

$$\begin{aligned} 1) \quad Q_{12} &= A_{12} + \alpha U_{12} \\ A_{12} &= Q_{12} - \alpha U_{12} = C_{12} \delta R_{\text{от}} T - \frac{3}{2} \delta R_{\text{от}} T = 2R \cdot 2 \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} \delta R \cdot 3T_1 = \\ &= \nu R T_1 \left( 6 - \frac{3}{2} \right) = 1,5 \delta R T_1 = 1,5 \cdot 1 \text{ мол.} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К} = \\ &= 1,5 \cdot 8,31 \cdot 400 \text{ Дж} = \underbrace{(6 \cdot 8,31 \cdot 100)}_{9 \text{ кг}} = \underbrace{4986 \text{ Дж}}_{1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}} \end{aligned}$$

$$2) \quad \eta = \frac{A}{Q_{\text{ном}}} = \frac{Q_{\text{ном}} - |Q_{\text{отд}}|}{Q_{\text{ном}}}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad n - \text{коэф адиабаты} \quad pV^n &= \text{const} \\ n &= \frac{C_p - C}{C_v - C} ; \quad n_{12} = \frac{2,5 - 1}{1,5 - 1} = -1 \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} ; \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad (1) \\ &C_p = 2,5R \quad n_{23} = \frac{2,5 - 1,5}{1,5 - 1,5} = 0 \\ &C_v = 1,5R \quad n_{13} = \frac{2,5 - 1,5}{1,5 - 1,5} = 2 \quad \frac{p_1}{p_3} V_3^2 = p_2 V_2^2 ; \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3^2}{V_2^2} \\ &\qquad \qquad \qquad p_1 = p_3 \quad (**) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1) \quad p_1 V_1 &= \delta R T_1 \\ (2) \quad p_2 V_2 &= 4 \delta R T_1 \\ (3) \quad p_3 V_3 &= \beta \delta R T_1 \end{aligned}$$

$$(**) \quad \frac{p_2 V_2^2}{p_1 V_1^2} = 4 ; \quad \frac{p_2^2}{p_1^2} = 4 ; \quad \frac{p_2}{p_1} = 2 ; \quad \frac{V_2}{V_1} = 2$$

$$V_2 = 2V_1$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} = \frac{\beta \delta R T_1}{\delta R T_1} = \beta$$

$$p_3 = p_1 \quad (\text{изобара})$$

$$\frac{V_3^2}{V_1^2} = 8 ; \quad \frac{V_3}{V_1} = 2\sqrt{2}$$

$$\frac{p_3}{p_1} = 1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

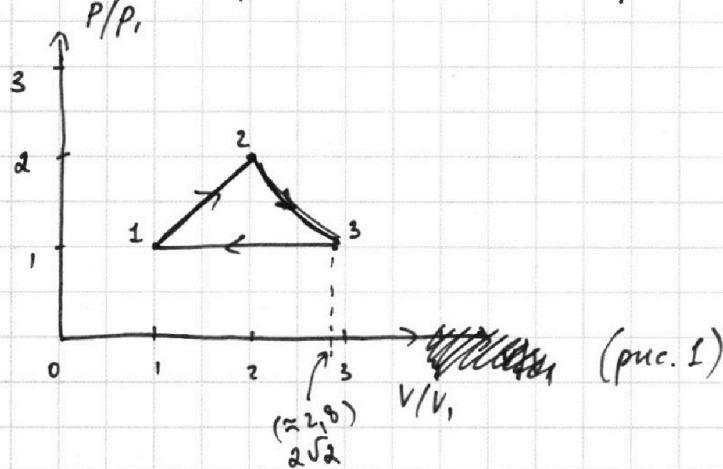
МФТИ



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

N4 (продолжение)

Итак:  $\frac{P_2}{P_1} = 2$ ;  $\frac{V_2}{V_1} = 2$ ;  $\frac{P_3}{P_1} = 1$ ;  $\frac{V_3}{V_1} = 2\sqrt{2}$



$$2\sqrt{2} \approx 2 \cdot 1,4 \approx 2,8$$

(12, 13 - времена изотерм)

2) (уп-е соот.)

$$\frac{(3)}{(1)}: \frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = \beta = 2\sqrt{2} \quad ; \quad T_3 = 2\sqrt{2} T_1$$

$T_2 - T_1$

$$Q_{12} = C_{12} \Delta T = 2R \cdot \gamma \cdot 3T_1 = 6\gamma RT_1 > 0 \quad ) \text{нагр.}$$

$$Q_{23} = C_{23} \Delta T = \frac{1}{2} R \cdot \gamma \cdot (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} \gamma R (2\sqrt{2} - 4) T_1 = \\ = (\sqrt{2} - 2) \gamma RT_1 = -(2 - \sqrt{2}) \gamma RT_1 < 0$$

$$Q_{31} = C_{31} \Delta T = \frac{5}{2} R \cdot \gamma \cdot (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \gamma R (1 - 2\sqrt{2}) T_1 \quad \left( \begin{array}{l} \text{исп.} \\ (T_1 - T_3) \end{array} \right) \text{нагр.}$$

$$= \frac{5(1 - 2\sqrt{2})}{2} \gamma RT_1 < 0$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{Q_{\text{нагр}} - |Q_{\text{нагр}}|}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{6\gamma RT_1 - (2 - \sqrt{2}) \gamma RT_1 - \frac{5(2\sqrt{2} - 1)}{2} \gamma RT_1}{6\gamma RT_1} = \\ &= \frac{6 - (2 - \sqrt{2}) - \frac{5}{2}(2\sqrt{2} - 1)}{6} = \frac{\sqrt{2} + 1 - \frac{5\sqrt{2}}{2} + \frac{5}{2}}{6} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} = \\ &= \boxed{\frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}} \end{aligned}$$

Ответ: 1) 4986 дж  
2)  $\frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$   
3) ср. рис. 1

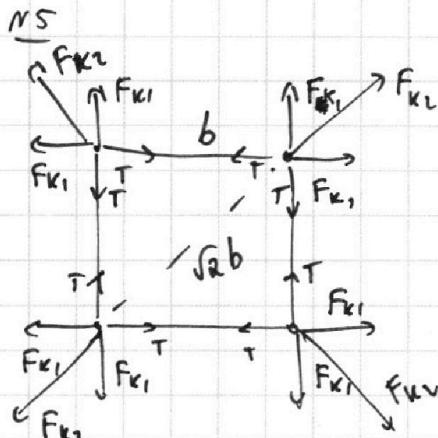
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



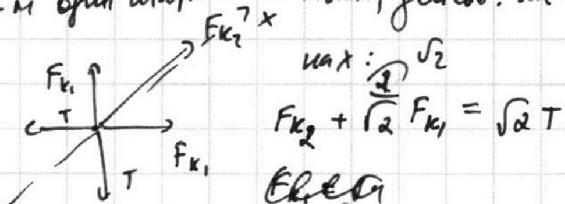
$$F_{K1} = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_{K2} = \frac{kq^2}{\sqrt{2}b^2}$$

$$2F_{K2} = F_{K1}$$

картишка силы. Т огранич.

Р-м один шарик и силы, действ. на него:



$$\begin{aligned} T &= \frac{F_{K2}}{\sqrt{2}} + F_{K1} = \\ &= \frac{kq^2}{2\sqrt{2}b^2} + \frac{kq^2}{b^2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) \end{aligned}$$

по принципу замкнутого контура

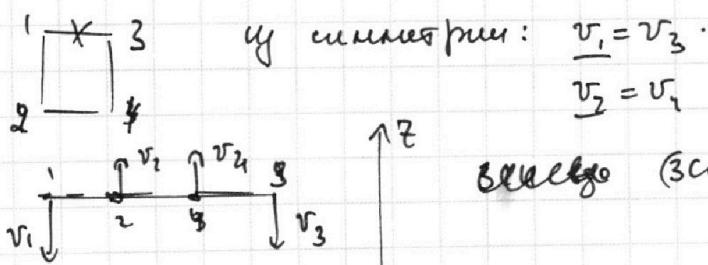
$$E_1 = 4 \frac{kq^2}{b} + 2 \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} = \frac{kq^2}{b} (4 + \sqrt{2})$$

после перенесен. (из пред.)

$$\begin{aligned} E_2 &= W_{kin} + 3 \frac{kq^2}{b} + k \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} + \frac{kq^2}{3b} = \\ &= W_{kin} + \frac{kq^2}{b} \left(4 + \frac{1}{3}\right) \end{aligned}$$

$$E_1 = E_2 \quad (3C7)$$

$$W_{kin} = \frac{kq^2}{b} \left(4 + \sqrt{2} - 4 - \frac{1}{3}\right) = \frac{kq^2}{b} \left(\sqrt{3} - \frac{1}{3}\right)$$



$$v_1 = v_3$$

$$v_2 = v_1$$

$$v_1 + v_3$$

$$v_2 + v_3$$

$$\text{значо } (3C4): 2v_1 = 2v_2; v_1 + v_3 = v$$

Найдем  $v$ .

$$W_{kin} = \frac{4mv^2}{2} = 2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left(\sqrt{3} - \frac{1}{3}\right);$$

$$v = \sqrt{\frac{kq^2 \left(\sqrt{3} - \frac{1}{3}\right)}{2bm}}$$

(здесь кинетич. энтр.)

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

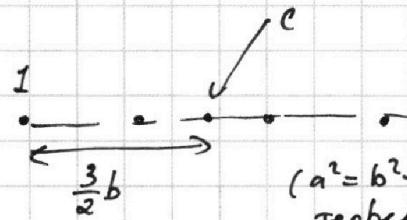
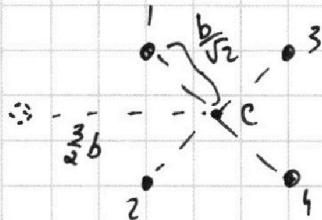


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№5 (изогнутые)

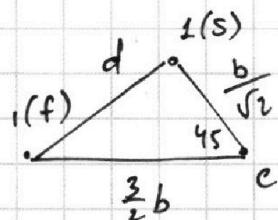
3) у. масса системы не изм. своего положения, т.к. внешний  
сил нет

e - у. массы



$$(a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha)$$

теорема косинусов



$$d^2 = \frac{b^2}{2} + \frac{9b^2}{4} - 2 \cdot \frac{b}{\sqrt{2}} \cdot \frac{3}{2} b \cos 45^\circ$$
$$d^2 = b^2 \left( \frac{1}{2} + \frac{9}{4} - \frac{3}{2} \right) = b^2 \frac{5}{4}$$
$$\boxed{d = b \frac{\sqrt{5}}{2}}$$

Ответ: 1)  $T = \frac{kq^2}{b^2} \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$

2)  $r = \sqrt{\frac{kq^2}{2bm} \left( \sqrt{3} - \frac{1}{3} \right)}$

3)  $d = b \frac{\sqrt{5}}{2}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

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!

$$PV^n = \text{const}$$

$$P = \text{const}$$

$$Q = A + \sigma U$$

$$Q = P\delta V + \frac{3}{2} \cancel{\sigma R \delta T} = \frac{5}{2} \cancel{\sigma P \delta V} = C \cancel{\sigma \delta T}$$

$$\begin{aligned} Q &= C \cancel{\sigma \delta T} \\ C &= \frac{Q}{\cancel{\sigma \delta T}} \end{aligned}$$

$$T_1 = T_1$$

$$T_2 = 4T_1$$

$$T_3 = 2,5 T_1$$

B

$$C = \frac{5}{2} R = 2,5 R$$

13 - изобара

$\frac{3}{2} R$  - изокорпа

$$\begin{aligned} \sigma U_{12} &= \frac{3}{2} \cancel{\sigma R (T_2 - T_1)} = \\ &= \frac{9}{2} \cancel{\sigma R T_1} \end{aligned}$$

$$Q_{12} = c_{12} \cancel{\sigma \delta T} = A_{12} + \sigma U_{12}$$

$$Q_{13} = c_{13} \cancel{\sigma \delta T} = A_{13} + \sigma U_{13}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 1,5 \\ \hline 4 \\ 6,0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ 831 \\ 6 \\ \hline 4986 \end{array} \quad 18$$

$$A_{12} = Q_{12} - \sigma U_{12} = c_{12} \cancel{\sigma \delta T} - \frac{9}{2} \cancel{\sigma R T_1}$$

$$\frac{c - c_p}{c - c_v} = n$$

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{5}{3}$$

$$c_p = 2,5 R$$

$$c_v = 1,5 R$$

без

$$h_{13} = 0$$

$$h_{23} = \frac{0,5 - 2,5}{0,5 - 1,5} = \frac{2}{1} = 2$$

$$h_{23} = 2$$

$$P V^2 = \text{const}$$

$$\begin{aligned} \text{точка} \\ p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2 \end{aligned}$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{V_3^2}{V_2^2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3^2}{V_2^2}$$

$$\begin{aligned} p_3 = p_1 \\ h = \frac{2,5 - 2}{1,5 - 2} = \frac{0,5}{-0,5} = -1 \end{aligned}$$

$$\frac{p}{V} = \text{const}$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

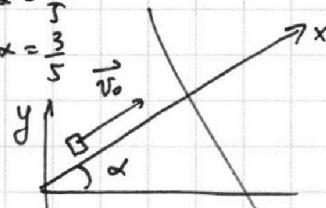
МФТИ

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

1)

$$\sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$



(Без бруса)

$$x_1 = v_0 t - \frac{a_1 t^2}{2} = 4t - 5t^2$$

$$t_{\text{верши}} = \frac{-b}{2a_1} = \frac{+4}{10} = \frac{2}{5}$$

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

$$D = 16 - 4 \cdot 5 < 0$$

зн. движется до вершины идет вниз

$$x_{\text{верши}} = 4 \cdot \frac{2}{5} - 5 \cdot \frac{4}{5} = -\frac{4}{5} \text{ м}$$

вес  $\frac{1}{5} \text{ М}$ :

$$x_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} = \frac{6 \cdot t_2^2}{2} = 3t_2^2 = \frac{1}{5} \text{ м}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$$

$$T = t_{\text{верши}} + t_2 = \frac{2}{5} + \frac{1}{\sqrt{15}}$$

2) движется в LCO левее.

Консм  $v_x(t) = u$ ;  $v_{x_L}(t) = 0$  (коробка движ. вверх в LCO) (1)

$v_{x_R}(t) = -u \frac{M}{c}$  (коробка движ. вниз в LCO) (2)

$$v = v_0 - u = 4 - 2 = 2 \text{ м/с}$$

$$(1) v_L(t) = v - a_1 t$$

$$0 = 2 - 10t$$

$$t = \frac{1}{5} \text{ с}$$

$$x' = v t - \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{2 \cdot 1}{5} - \frac{5 \cdot 1}{5^2} = \frac{1}{5} \text{ м} \quad (\text{но левее})$$

(Направление  $\vec{v}_0$  для бруса  
из рисунка (часть условия))

II з.к на  $x; y$ :

$$+ma = +mg \sin \alpha + F_{\text{бр}} \quad \text{и } N$$

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

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

(коробка движ. вверх)

$$a_1 = 10 \cdot \left( \frac{4}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = 10 \frac{M}{c^2}$$

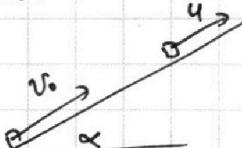
(коробка движ. вниз,  $F_{\text{бр}} \text{ направл. вниз}$ ,  $\mu$  непр. ст.)

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

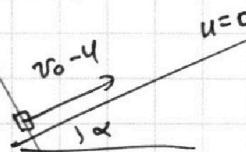
$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$a_2 = 10 \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = 10 \frac{M}{c^2} = 6 \frac{M}{c^2}$$

LCO:



LCO левее:



$$* [L] = ut + x' = 2 \cdot \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = \boxed{\frac{3}{5} \text{ м}}$$

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"/> |

МФТИ



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

(2) ~~коробка~~ после остановки коробка едет вниз

$$\text{дан } v(t) = a_2 t ; \quad a_2 t_1 = 4 \text{ м/с} ; \quad t_1 = \frac{4}{a_2} \text{ с}$$

$$\Delta x = -\frac{a_2 t_1^2}{2} = -\frac{3}{2} \cdot \frac{4^2}{2} = -\frac{4}{3} \text{ м}$$

$$x'' = t_1 \ddot{x} + u t_1 = -\frac{4}{3} + 2 \cdot \frac{2}{3} = 0$$

$$L = \frac{3}{5} \text{ м} \quad \parallel = L_{(1)} + 0 \quad \parallel$$

$$v_{ACO_x}(\tau) = 0 ; \quad v_{UCO_x}(\tau) = -2 \text{ м/с}$$

~~коробка едет вниз по склону~~

задача решена для осей  $x, y$   
(ср. первому из решения)  
нужно решить задачу - на  $x$ .

В момент начала движения вниз коробка имеет координату

$$x_1 = \frac{1}{5} \quad (\text{б. ИСО})$$

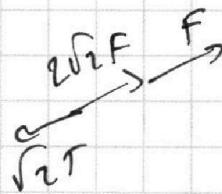
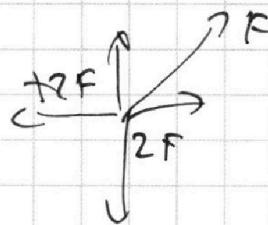
$$\Delta v_x(\tau) = -a_2 \tau ; \quad +6 \tau = +2$$

$$(\text{ИСО}) \quad \tau = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$x(\tau) = \frac{1}{5} - \frac{a_2 \tau^2}{2} = \frac{1}{5} - \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{15}}{2 \cdot 3} = -\frac{2}{15} \quad \frac{1}{15}$$

$$x(\tau) = u(t_{\text{ноги}} + \text{диск} \tau) - \frac{2}{15} = 2 \cdot \left( \frac{1}{5} + \frac{1}{3} \right) - \frac{2}{15} = 0$$

$$y = 0$$



$$m g \sqrt{2} = (2\sqrt{2} + 1) F \quad \frac{mg\sqrt{2}}{2\sqrt{2}}$$

$$\frac{2 + \frac{9}{4} - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{8}{9}}{2 + \frac{3}{2} - 8} \cdot \frac{5}{9} \cdot \frac{kg}{62} \cdot \frac{(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}})^2}{2}$$