

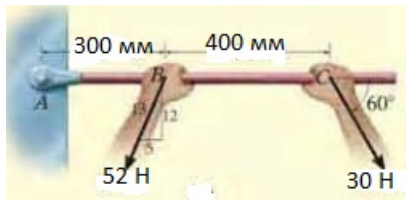
Равновесие твердого тела

В.Е. Кисляков

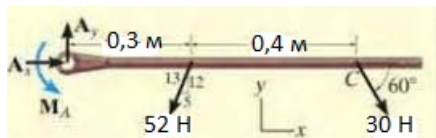
March 31, 2015

Пример 1

Ключ используется для того, чтобы открутить болт в точке А. Когда ключ невозможно повернуть, найти момент и силу, действующие на болт



Решение. ССТТ



Уравнения равновесия

$$\overset{+}{\rightarrow} \sum F_x = 0; A_x - 52\left(\frac{5}{13}\right) H + 30 \cos 60^\circ H = 0$$

Ответ

$$A_x = 5.00 \text{ H}$$

Уравнения равновесия

$$+ \sum F_y = 0; A_y - 52\left(\frac{12}{13}\right) H - 30 \sin 60^\circ H = 0$$

Ответ

$$A_y = 74.0 \text{ H}$$

Уравнения равновесия

$$\circlearrowleft + \sum M_A = 0; M_A - \left[52 \frac{12}{13} \text{ H} \right] (0.3 \text{ м}) - (30 \sin 60^\circ \text{ H})(0.7 \text{ м}) = 0$$

Ответ

$$M_A = 32.6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Результирующая сила

$$F_A = \sqrt{(5.00)^2 + (74.0)^2} = 74.1 \text{ Н} \quad \text{Ответ}$$

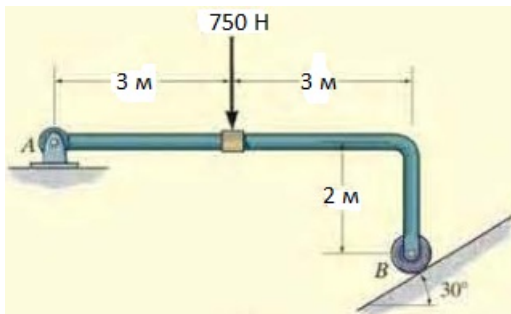
Замечание

$$\circlearrowleft + \sum M_C = 0; \left[52 \frac{12}{13} \text{ Н} \right] (0.4 \text{ м}) + 32.6 \text{ Н} \cdot \text{м} - (74.0 \text{ Н})(0.7 \text{ м}) = 0$$

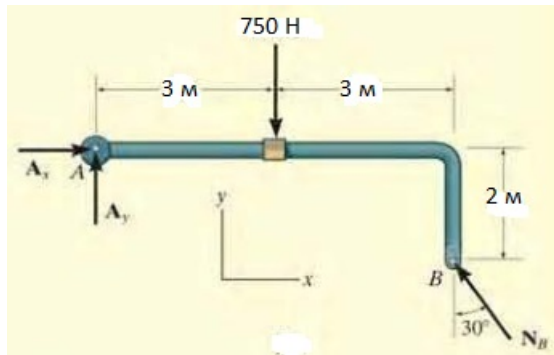
$$19.2 \text{ Н} \cdot \text{м} + 32.6 \text{ Н} \cdot \text{м} - 51.8 \text{ Н} \cdot \text{м} = 0$$

Пример 2

Найти горизонтальную и вертикальную компоненты реакции в шарнире A и нормальную реакцию на ролик B



Решение. ССТТ



Уравнения равновесия

$$\circlearrowleft + \sum M_A = 0;$$

$$[N_B \cos 30^\circ](6 \text{ м}) - [N_B \sin 30^\circ](2 \text{ м}) - (750 \text{ Н})(3 \text{ м}) = 0$$

Ответ

$$N_B = 536.2 \text{ H} = 536 \text{ H}$$

Уравнения равновесия

$$\overset{+}{\rightarrow} \sum F_x = 0; A_x - (536.2 \text{ Н}) \sin 30^\circ = 0$$

Ответ

$$A_x = 268 \text{ H}$$

Уравнения равновесия

$$+ \uparrow \sum F_y = 0; A_y + (536.2 \text{ H}) \cos 30^\circ - 750 \text{ H} = 0$$

Ответ

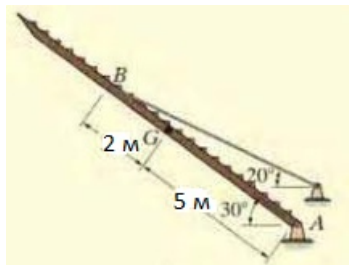
$$A_y = 286 \text{ Н}$$

Пример 3

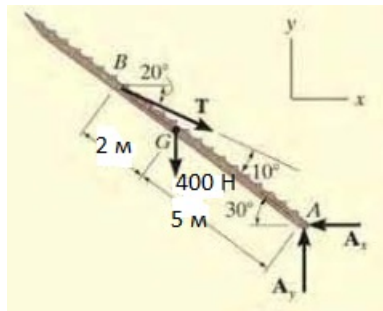
Равномерный скат имеет вес 400 Н . Он закреплен в указанном положении с помощью двух тросов. Найти натяжение тросов



Идеализированная модель



Решение. ССТТ



Уравнения равновесия

$$\begin{aligned} \circlearrowleft + \sum M_A = 0; & -T \cos 20^\circ (7 \sin 30^\circ \text{ м}) + T \sin 20^\circ (7 \cos 30^\circ \text{ м}) \\ & + 400 \text{ Н} (5 \cos 30^\circ \text{ м}) = 0 \end{aligned}$$

T

$$T = 1425 \text{ H}$$

Уравнения равновесия

$$\circlearrowleft + \sum M_A = 0; -T \sin 10^\circ (7 \text{ м}) + (400 \text{ Н})(5 \cos 30^\circ \text{ м}) = 0$$

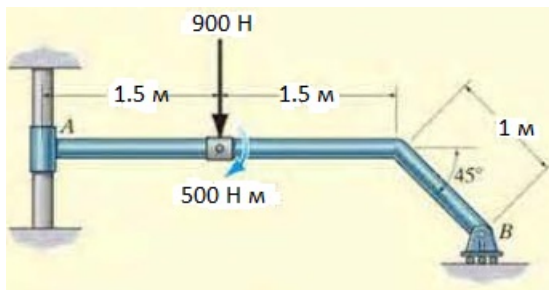
$$T = 1425 \text{ Н}$$

Ответ

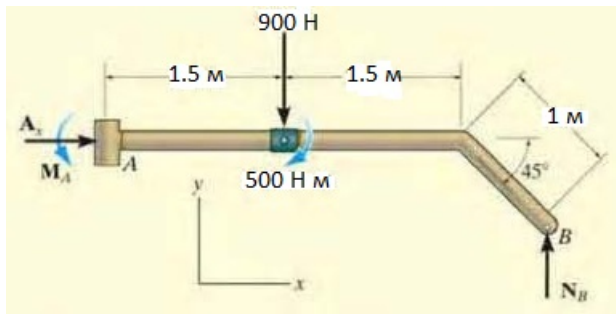
$$\hat{T} = \frac{T}{2} = 712 \text{ Н} \quad \text{Ответ}$$

Пример 4

Определить реакции конструкции. Втулка А может скользить вертикально по стержню



Решение. ССТТ



Уравнения равновесия

$$\begin{aligned} \rightarrow \sum F_x &= 0; & A_x &= 0 \\ + \uparrow \sum F_y &= 0; & N_B - 900 \text{ H} &= 0 \\ & & N_B &= 900 \text{ H} \end{aligned}$$

Уравнения равновесия

$$\circlearrowleft + \sum M_A = 0;$$

$$M_A - 900 \text{ Н}(1.5 \text{ м}) - 500 \text{ Н} \cdot \text{ м} + (900 \text{ Н})[3 \text{ м} + (1 \text{ м}) \cos 45^\circ] = 0$$

Ответ

$$M_A = -1486 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1.49 \text{ кН} \cdot \text{м} \curvearrowright$$

Уравнения равновесия

$$\circlearrowleft + \sum M_B = 0; M_A + (900 \text{ Н})[1.5 \text{ м} + (1 \text{ м}) \cos 45^\circ] - 500 \text{ Н} \cdot \text{м} = 0$$

Ответ

$$M_A = -1486 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1.49 \text{ кН} \cdot \text{м} \curvearrowright$$

Вид связи. Сила реакции. Число неизвестных



Одна неизвестная

Гладкая поверхность



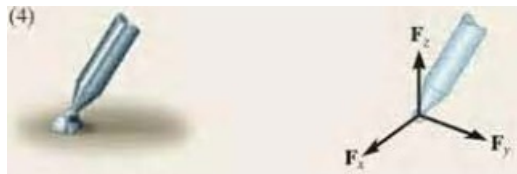
Одна неизвестная

Ролик



Одна неизвестная

Муфта



Три неизвестных

Подшипник и вал



Четыри неизвестных

Подшипник с квадратным валом



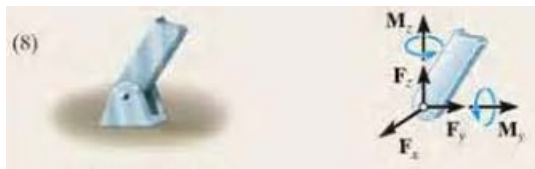
Пять неизвестных

Подшипник с составным валом



Пять неизвестных

Шарнир



Пять неизвестных

Шарнир



Пять неизвестных

Жесткая заделка



Шесть неизвестных

Уравнения равновесия

$$\sum \mathbf{F} = 0$$
$$\sum \mathbf{M}_O = 0$$

Уравнения равновесия

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_z = 0$$

$$\sum M_x = 0$$

$$\sum M_y = 0$$

$$\sum M_z = 0$$