

### Parametry

$$J_c := J_c \quad J_{c1} := J_{c1} \quad J_{c2} := J_{c2} \quad m_k := m_k \quad m_1 := m_1 \quad m_2 := m_2$$

$$e_1 := e_1 \quad e_2 := e_2 \quad k_x := k_x \quad k_y := k_y \quad b_x := b_x \quad b_y := b_y$$

$$a := a \quad \beta := \beta \quad H := H \quad l := l \quad g := g$$

### Współrzędne uogólnione

$$x := x \quad y := y \quad \alpha := \alpha \quad \phi_1 := \phi_1 \quad \phi_2 := \phi_2$$

### Współrzędne środka pierwszej masy nie wyważonej

$$x_{c1} := (-a \cdot \cos(\beta - \alpha) - e_1 \cdot \cos(\phi_1) + x)$$

$$y_{c1} := a \cdot \sin(\beta - \alpha) + e_1 \cdot \sin(\phi_1) + y$$

### Podstawienie w funkcji czasu

$$x_{c1} := (-a \cdot \cos(\beta - \alpha) - e_1 \cdot \cos(\phi_1) + x) \text{ substitute, } \alpha = \alpha(t), \mathbf{x} = x(t), \phi_1 = \phi_1(t) \rightarrow x(t) - e_1 \cdot \cos(\phi_1(t))$$

$$y_{c1} := (a \cdot \sin(\beta - \alpha) + e_1 \cdot \sin(\phi_1) + y) \text{ substitute, } \alpha = \alpha(t), \mathbf{y} = y(t), \phi_1 = \phi_1(t) \rightarrow y(t) + e_1 \cdot \sin(\phi_1(t))$$

### Predkości środka pierwszej masy nie wyważonej

$$\frac{d}{dt} x_{c1} \rightarrow \frac{d}{dt} x(t) + e_1 \cdot \frac{d}{dt} \phi_1(t) \cdot \sin(\phi_1(t)) - a \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t))$$

$$\frac{d}{dt} y_{c1} \rightarrow \frac{d}{dt} y(t) + e_1 \cdot \frac{d}{dt} \phi_1(t) \cdot \cos(\phi_1(t)) - a \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t))$$

### Współrzędne środka drugiej masy nie wyważonej

$$x_{c2} := (a \cdot \cos(\beta - \alpha) + e_2 \cdot \cos(\phi_2) + x)$$

$$y_{c2} := -a \cdot \sin(\beta - \alpha) + e_2 \cdot \sin(\phi_2) + y$$

### Predkości środka drugiej masy nie wyważonej      Podstawienie w funkcji czasu

$$x_{c2} := (a \cdot \cos(\beta - \alpha) + e_2 \cdot \cos(\phi_2) + x) \text{ substitute, } \alpha = \alpha(t), \mathbf{x} = x(t), \phi_2 = \phi_2(t) \rightarrow x(t) + e_2 \cdot \cos(\phi_2(t))$$

$$y_{c2} := (-a \cdot \sin(\beta - \alpha) + e_2 \cdot \sin(\phi_2) + y) \text{ substitute, } \alpha = \alpha(t), \mathbf{y} = y(t), \phi_2 = \phi_2(t) \rightarrow y(t) + e_2 \cdot \sin(\phi_2(t))$$

$$\frac{d}{dt} x_{c2} \rightarrow \frac{d}{dt} x(t) - e_2 \cdot \frac{d}{dt} \phi_2(t) \cdot \sin(\phi_2(t)) + a \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t))$$

$$\frac{d}{dt} y_{c2} \rightarrow \frac{d}{dt} y(t) + e_2 \cdot \frac{d}{dt} \phi_2(t) \cdot \cos(\phi_2(t)) + a \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t))$$

### Predkości środków mas nie wyważonych

$$v_{xc1} := \frac{d}{dt} x(t) + e_1 \cdot \frac{d}{dt} \phi_1(t) \cdot \sin(\phi_1(t)) - a \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) \text{ substitute, } \frac{d}{dt} x(t) = \mathbf{v_x}, \frac{d}{dt} \phi_1(t) = \omega_1$$

$$v_{yc1} := \frac{d}{dt} y(t) + e_1 \cdot \frac{d}{dt} \phi_1(t) \cdot \cos(\phi_1(t)) - a \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) \text{ substitute, } \frac{d}{dt} y(t) = \mathbf{v_y}, \frac{d}{dt} \phi_1(t) = \omega_1$$

$$v_{xc2} := \frac{d}{dt} x(t) - e_2 \cdot \frac{d}{dt} \phi_2(t) \cdot \sin(\phi_2(t)) + a \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) \text{ substitute, } \frac{d}{dt} x(t) = \mathbf{v_x}, \frac{d}{dt} \phi_2(t) = \omega_2$$

$$v_{yc2} := \frac{d}{dt} y(t) + e_2 \cdot \frac{d}{dt} \phi_2(t) \cdot \cos(\phi_2(t)) + a \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) \text{ substitute, } \frac{d}{dt} y(t) = \mathbf{v_y}, \frac{d}{dt} \phi_2(t) = \omega_2$$

Jeszcze raz przemieszczenia i predkosci, bez uzaleznienia od czasu

$$xc1 := (-a \cdot \cos(\beta - \alpha) - e1 \cdot \cos(\phi1) + x)$$

$$yc1 := a \cdot \sin(\beta - \alpha) + e1 \cdot \sin(\phi1) + y$$

$$xc2 := (a \cdot \cos(\beta - \alpha) + e2 \cdot \cos(\phi2) + x)$$

$$yc2 := -a \cdot \sin(\beta - \alpha) + e2 \cdot \sin(\phi2) + y$$

$$Ek := \frac{mk \cdot vx^2}{2} + \frac{mk \cdot vy^2}{2} + \frac{Jc \cdot \omega\alpha^2}{2} + \frac{(Jc1 + Jw1 + Js1) \cdot \omega\phi1^2}{2} + \frac{(Jc2 + Jw2 + Js2) \cdot \omega\phi2^2}{2} + \dots$$

$$+ m1 \cdot \frac{(vxc1)^2}{2} + m1 \cdot \frac{(vyc1)^2}{2} + m2 \cdot \frac{(vxc2)^2}{2} + m2 \cdot \frac{(vyc2)^2}{2}$$

$$U := mk \cdot g \cdot y + m1 \cdot g \cdot yc1 + m2 \cdot g \cdot yc2 + \frac{ky \cdot (y + l \cdot \alpha)^2}{2} + \frac{ky \cdot (y - l \cdot \alpha)^2}{2} + \frac{kx \cdot (x + H \cdot \alpha)^2}{2} + \frac{kx \cdot (-x - l \cdot \alpha)^2}{2}$$

$$L := \frac{mk \cdot vx^2}{2} + \frac{mk \cdot vy^2}{2} + \frac{Jc \cdot \omega\alpha^2}{2} + \frac{(Jc1 + Jw1 + Js1) \cdot \omega\phi1^2}{2} + \frac{(Jc2 + Jw2 + Js2) \cdot \omega\phi2^2}{2} + m1 \cdot \frac{(vxc1)^2}{2} + m2 \cdot \frac{(vxc2)^2}{2}$$

Moc start linowych

$$D := \frac{by \cdot (vy + l \cdot \omega\alpha)^2}{2} + \frac{by \cdot (vy - l \cdot \omega\alpha)^2}{2} + \frac{bx \cdot (-vx - H \cdot \omega\alpha)^2}{2} + \frac{bx \cdot (vx + H \cdot \omega\alpha)^2}{2}$$

Pochodne po ALFIE -  $\alpha$

$$\frac{d}{d\omega\alpha} L \rightarrow Jc \cdot \omega\alpha - a \cdot m1 \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot (vy + e1 \cdot \omega\phi1 \cdot \cos(\phi1) - a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)) + a \cdot m2 \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot (-vy + e2 \cdot \omega\phi2 \cdot \cos(\phi2) + a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))$$

$$dLd\omega\alpha := \frac{d}{d\omega\alpha} L \text{ substitute, } \alpha = \alpha(t), \phi1 = \phi1(t), \phi2 = \phi2(t), \omega\alpha = \omega\alpha(t), \omega\phi1 = \omega\phi1(t), vx = vx(t), vy = vy(t)$$

$$\frac{d}{dt} dLd\omega\alpha \rightarrow Jc \cdot \frac{d}{dt} \omega\alpha(t) + a^2 \cdot m1 \cdot \frac{d}{dt} \omega\alpha(t) + a^2 \cdot m2 \cdot \frac{d}{dt} \omega\alpha(t) - a \cdot m1 \cdot \frac{d}{dt} vy(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m2 \cdot \frac{d}{dt} (-vy(t)) \cdot \cos(\beta - \alpha(t))$$

$$dLd\omega\alpha dt := \frac{d}{dt} dLd\omega\alpha \text{ substitute, } \frac{d}{dt} \phi2(t) = \omega\phi2, \frac{d}{dt} \phi1(t) = \omega\phi1, \phi2(t) = \phi2, \phi1(t) = \phi1, \alpha(t) = \alpha$$

$$\frac{d}{d\alpha} L \rightarrow ky \cdot l \cdot (y - \alpha \cdot l) - ky \cdot l \cdot (y + \alpha \cdot l) - 2 \cdot H \cdot kx \cdot (x + H \cdot \alpha) + a \cdot g \cdot m1 \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot g \cdot m2 \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$dLd\alpha := \frac{d}{d\alpha} L \rightarrow ky \cdot l \cdot (y - \alpha \cdot l) - ky \cdot l \cdot (y + \alpha \cdot l) - 2 \cdot H \cdot kx \cdot (x + H \cdot \alpha) + a \cdot g \cdot m1 \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot g \cdot m2 \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$\frac{d}{d\omega\alpha} D \rightarrow 2 \cdot H \cdot bx \cdot (vx + H \cdot \omega\alpha) + by \cdot l \cdot (vy + l \cdot \omega\alpha) - by \cdot l \cdot (vy - l \cdot \omega\alpha) \text{ simplify } \rightarrow 2 \cdot bx \cdot \omega\alpha \cdot H^2 + 2 \cdot by \cdot l \cdot \omega\alpha$$

$$dDd\omega\alpha := \frac{d}{d\omega\alpha} D \rightarrow 2 \cdot H \cdot bx \cdot (vx + H \cdot \omega\alpha) + by \cdot l \cdot (vy + l \cdot \omega\alpha) - by \cdot l \cdot (vy - l \cdot \omega\alpha)$$

Pierwsze czlony

$$dLd\omega\alpha dt \rightarrow Jc \cdot \omega\omega\alpha + a^2 \cdot m1 \cdot \omega\omega\alpha + a^2 \cdot m2 \cdot \omega\omega\alpha - a \cdot m1 \cdot vvy \cdot \cos(\beta - \alpha) + a \cdot m2 \cdot vvy \cdot \cos(\beta - \alpha) -$$

$$dLd\alpha \rightarrow ky \cdot l \cdot (y - \alpha \cdot l) - ky \cdot l \cdot (y + \alpha \cdot l) - 2 \cdot H \cdot kx \cdot (x + H \cdot \alpha) + a \cdot g \cdot m1 \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot g \cdot m2 \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$dDd\omega\alpha \rightarrow 2 \cdot H \cdot bx \cdot (vx + H \cdot \omega\alpha) + by \cdot l \cdot (vy + l \cdot \omega\alpha) - by \cdot l \cdot (vy - l \cdot \omega\alpha)$$

$$\text{rown1} := dLd\omega\alpha dt - dLd\alpha + \frac{dDd\omega\alpha}{2} \rightarrow Jc \cdot \omega\omega\alpha + 2 \cdot H \cdot kx \cdot (x + H \cdot \alpha) + a^2 \cdot m1 \cdot \omega\omega\alpha + a^2 \cdot m2 \cdot \omega\omega\alpha$$

po x-ie

$$\frac{d}{dvx} L \rightarrow \frac{m1 \cdot (2 \cdot vx + 2 \cdot e1 \cdot \omega\phi1 \cdot \sin(\phi1) - 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))}{2} + \frac{m2 \cdot (2 \cdot vx - 2 \cdot e2 \cdot \omega\phi2 \cdot \sin(\phi2) + 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))}{2}$$

$$dLdvx := \frac{d}{dvx} L \rightarrow \frac{m1 \cdot (2 \cdot vx + 2 \cdot e1 \cdot \omega\phi1 \cdot \sin(\phi1) - 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))}{2} + \frac{m2 \cdot (2 \cdot vx - 2 \cdot e2 \cdot \omega\phi2 \cdot \sin(\phi2) + 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))}{2}$$

$$dLdvxdt := \frac{d}{dt} dLdvx \rightarrow m1 \cdot \frac{d}{dt} vx(t) + m2 \cdot \frac{d}{dt} vx(t) + mk \cdot \frac{d}{dt} vx(t) + e1 \cdot m1 \cdot \frac{d}{dt} \omega\phi1(t) \cdot \sin(\phi1(t)) - e2 \cdot m2 \cdot \frac{d}{dt} \omega\phi2(t) \cdot \sin(\phi2(t))$$

$$dLdvxdt := e1 \cdot m1 \cdot \cos(\phi1) \cdot \omega\phi1^2 - e2 \cdot m2 \cdot \cos(\phi2) \cdot \omega\phi2^2 + m1 \cdot vvx + m2 \cdot vvx + mk \cdot vvx + e1 \cdot m1 \cdot \omega\phi1 \cdot \sin(\phi1) - e2 \cdot m2 \cdot \omega\phi2 \cdot \sin(\phi2)$$

$$dLdx := \frac{d}{dx} L \rightarrow -kx \cdot (2 \cdot x + 2 \cdot H \cdot \alpha)$$

$$dDdvx := \frac{d}{dvx} D \rightarrow bx \cdot (2 \cdot vx + 2 \cdot H \cdot \omega\alpha)$$

$$\text{rown2} := dLdvxdt - dLdx + \frac{dDdvx}{2} \rightarrow kx \cdot (2 \cdot x + 2 \cdot H \cdot \alpha) + m1 \cdot vvx + m2 \cdot vvx + mk \cdot vvx + \frac{bx \cdot (2 \cdot vx + 2 \cdot H \cdot \omega\alpha)}{2}$$

po y-eku

$$\frac{d}{dvy} L \rightarrow \frac{m1 \cdot (2 \cdot vy + 2 \cdot e1 \cdot \omega\phi1 \cdot \cos(\phi1) - 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))}{2} + \frac{m2 \cdot (2 \cdot vy + 2 \cdot e2 \cdot \omega\phi2 \cdot \cos(\phi2) + 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))}{2}$$

$$dLdvy := \frac{d}{dvy} L \rightarrow \frac{m1 \cdot (2 \cdot vy + 2 \cdot e1 \cdot \omega\phi1 \cdot \cos(\phi1) - 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))}{2} + \frac{m2 \cdot (2 \cdot vy + 2 \cdot e2 \cdot \omega\phi2 \cdot \cos(\phi2) + 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))}{2}$$

$$dLdvydt := \frac{d}{dt} dLdvy \rightarrow m1 \cdot \frac{d}{dt} vy(t) + m2 \cdot \frac{d}{dt} vy(t) + mk \cdot \frac{d}{dt} vy(t) + e1 \cdot m1 \cdot \frac{d}{dt} \omega\phi1(t) \cdot \cos(\phi1(t)) + e2 \cdot m2 \cdot \frac{d}{dt} \omega\phi2(t) \cdot \cos(\phi2(t))$$

$$dLdvydt := m1 \cdot vvy - e2 \cdot m2 \cdot \sin(\phi2) \cdot \omega\phi2^2 - e1 \cdot m1 \cdot \sin(\phi1) \cdot \omega\phi1^2 + m2 \cdot vvy + mk \cdot vvy + e1 \cdot m1 \cdot \omega\phi1 \cdot \cos(\phi1) + e2 \cdot m2 \cdot \omega\phi2 \cdot \cos(\phi2)$$

$$dLdy := \frac{d}{dy} L \rightarrow -g \cdot m1 - g \cdot m2 - g \cdot mk - \frac{ky \cdot (2 \cdot y - 2 \cdot \alpha \cdot l)}{2} - \frac{ky \cdot (2 \cdot y + 2 \cdot \alpha \cdot l)}{2}$$

$$dDdvy := \frac{d}{dvy} D \rightarrow \frac{by \cdot (2 \cdot vy - 2 \cdot l \cdot \omega\alpha)}{2} + \frac{by \cdot (2 \cdot vy + 2 \cdot l \cdot \omega\alpha)}{2}$$

$$\text{rown3} := dLdvydt - dLdy + dDdvy \rightarrow g \cdot m1 + g \cdot m2 + g \cdot mk + m1 \cdot vvy + m2 \cdot vvy + mk \cdot vvy + \frac{ky \cdot (2 \cdot y - 2 \cdot \alpha \cdot l)}{2} + \frac{ky \cdot (2 \cdot y + 2 \cdot \alpha \cdot l)}{2}$$

Po fi 1

$$\frac{d}{d\omega\phi_1}L \rightarrow \omega\phi_1 \cdot (Jc_1 + Js_1 + Jw_1) + e_1 \cdot m_1 \cdot \cos(\phi_1) \cdot (v_y + e_1 \cdot \omega\phi_1 \cdot \cos(\phi_1) - a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))$$

$$dLd\omega\phi_1 := \frac{d}{d\omega\phi_1}L \rightarrow \omega\phi_1 \cdot (Jc_1 + Js_1 + Jw_1) + e_1 \cdot m_1 \cdot \cos(\phi_1) \cdot (v_y + e_1 \cdot \omega\phi_1 \cdot \cos(\phi_1) - a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))$$

$$dLd\omega\phi_1 dt := \frac{d}{dt}dLd\omega\phi_1 \rightarrow Jc_1 \cdot \frac{d}{dt}\omega\phi_1(t) + Js_1 \cdot \frac{d}{dt}\omega\phi_1(t) + Jw_1 \cdot \frac{d}{dt}\omega\phi_1(t) + e_1^2 \cdot m_1 \cdot \frac{d}{dt}\omega\phi_1(t)$$

$$dLd\omega\phi_1 dt := Jc_1 \cdot \omega\omega\phi_1 + Js_1 \cdot \omega\omega\phi_1 + Jw_1 \cdot \omega\omega\phi_1 + e_1^2 \cdot m_1 \cdot \omega\omega\phi_1 + e_1 \cdot m_1 \cdot v_{vy} \cdot \cos(\phi_1) + e_1 \cdot$$

$$dLd\phi_1 := \frac{d}{d\phi_1}L \rightarrow e_1 \cdot m_1 \cdot \omega\phi_1 \cdot \cos(\phi_1) \cdot (v_x + e_1 \cdot \omega\phi_1 \cdot \sin(\phi_1) - a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) - e_1 \cdot m_1 \cdot \omega\phi_1$$

$$dDd\omega\phi_1 := \frac{d}{d\omega\phi_1}D \rightarrow 0$$

$$rown4 := dLd\omega\phi_1 dt - dLd\phi_1 + dDd\omega\phi_1 \rightarrow Jc_1 \cdot \omega\omega\phi_1 + Js_1 \cdot \omega\omega\phi_1 + Jw_1 \cdot \omega\omega\phi_1 + e_1^2 \cdot m_1 \cdot \omega\omega\phi_1$$

Po fi 2

$$\frac{d}{d\omega\phi_2}L \rightarrow \omega\phi_2 \cdot (Jc_2 + Js_2 + Jw_2) + e_2 \cdot m_2 \cdot \cos(\phi_2) \cdot (v_y + e_2 \cdot \omega\phi_2 \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))$$

$$dLd\omega\phi_2 := \frac{d}{d\omega\phi_2}L \rightarrow \omega\phi_2 \cdot (Jc_2 + Js_2 + Jw_2) + e_2 \cdot m_2 \cdot \cos(\phi_2) \cdot (v_y + e_2 \cdot \omega\phi_2 \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))$$

$$dLd\omega\phi_2 dt := \frac{d}{dt}dLd\omega\phi_2 \rightarrow Jc_2 \cdot \frac{d}{dt}\omega\phi_2(t) + Js_2 \cdot \frac{d}{dt}\omega\phi_2(t) + Jw_2 \cdot \frac{d}{dt}\omega\phi_2(t) + e_2^2 \cdot m_2 \cdot \frac{d}{dt}\omega\phi_2(t)$$

$$dLd\omega\phi_2 dt := Jc_2 \cdot \omega\omega\phi_2 + Js_2 \cdot \omega\omega\phi_2 + Jw_2 \cdot \omega\omega\phi_2 + e_2^2 \cdot m_2 \cdot \omega\omega\phi_2 + e_2 \cdot m_2 \cdot v_{vy} \cdot \cos(\phi_2) - e_2 \cdot$$

$$dLd\phi_2 := \frac{d}{d\phi_2}L \rightarrow -e_2 \cdot g \cdot m_2 \cdot \cos(\phi_2) - e_2 \cdot m_2 \cdot \omega\phi_2 \cdot \sin(\phi_2) \cdot (v_y + e_2 \cdot \omega\phi_2 \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))$$

$$dDd\omega\phi_2 := \frac{d}{d\omega\phi_2}D \rightarrow 0$$

$$rown5 := dLd\omega\phi_2 dt - dLd\phi_2 + dDd\omega\phi_2 \rightarrow Jc_2 \cdot \omega\omega\phi_2 + Js_2 \cdot \omega\omega\phi_2 + Jw_2 \cdot \omega\omega\phi_2 + e_2^2 \cdot m_2 \cdot \omega\omega\phi_2$$

$$\phi_1(t)) - a \cdot \cos(\beta - \alpha(t))$$

$$l(t)) + a \cdot \sin(\beta - \alpha(t))$$

$$r_2(t)) + a \cdot \cos(\beta - \alpha(t))$$

$$r_2(t)) - a \cdot \sin(\beta - \alpha(t))$$

Przygotowane do podmiiany

$$\frac{d}{dt}x(t) = v_x, \frac{d}{dt}\phi_1(t) = \omega\phi_1, \alpha(t) = \alpha, \frac{d}{dt}\alpha(t) = \omega\alpha$$

$$r_{\phi_1, \alpha}(t) = \alpha, \frac{d}{dt}\alpha(t) = \omega\alpha, \phi_1(t) = \phi_1 \rightarrow v_x + e_1 \cdot \omega\phi_1 \cdot \sin(\phi_1) - a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)$$

$$r_{\phi_1, \alpha}(t) = \alpha, \frac{d}{dt}\alpha(t) = \omega\alpha, \phi_1(t) = \phi_1 \rightarrow v_y + e_1 \cdot \omega\phi_1 \cdot \cos(\phi_1) - a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$r_{\phi_2, \alpha}(t) = \alpha, \frac{d}{dt}\alpha(t) = \omega\alpha, \phi_2(t) = \phi_2 \rightarrow v_x - e_2 \cdot \omega\phi_2 \cdot \sin(\phi_2) + a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)$$

$$r_{\phi_2, \alpha}(t) = \alpha, \frac{d}{dt}\alpha(t) = \omega\alpha, \phi_2(t) = \phi_2 \rightarrow v_y + e_2 \cdot \omega\phi_2 \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$\frac{H\cdot\alpha)^2}{2}$$

$$\frac{(\textcolor{red}{vxc1})^2}{2} + m1\cdot\frac{(vyc1)^2}{2} + m2\cdot\frac{(vxc2)^2}{2} + m2\cdot\frac{(vyc2)^2}{2} - mk\cdot g\cdot y - m1\cdot g\cdot yc1 - m2\cdot g\cdot yc2 - \frac{ky\cdot (y + l\cdot\alpha)^2}{2} -$$

$$(vy + e2\cdot\omega\phi2\cdot\cos(\phi2) + a\cdot\omega\alpha\cdot\cos(\beta - \alpha)) - a\cdot m1\cdot\sin(\beta - \alpha)\cdot(vx + e1\cdot\omega\phi1\cdot\sin(\phi1) - a\cdot\omega\alpha\cdot\sin(\beta - \alpha))$$

$$[t],vy=vy(t),\omega\phi2=\omega\phi2(t)\rightarrow Jc\cdot\omega\alpha(t)+a^2\cdot m1\cdot\omega\alpha(t)+a^2\cdot m2\cdot\omega\alpha(t)-a\cdot m1\cdot vy(t)\cdot\cos(\beta-\alpha(t))+a\cdot$$

$$\frac{d}{dt}vy(t)\cdot\cos(\beta-\alpha(t))-a\cdot m1\cdot\frac{d}{dt}vx(t)\cdot\sin(\beta-\alpha(t))+a\cdot m2\cdot\frac{d}{dt}vx(t)\cdot\sin(\beta-\alpha(t))+a\cdot e2\cdot m2\cdot\frac{d}{dt}\omega\phi2(t)\cdot cc$$

$$,\frac{d}{dt}\alpha(t)=\omega\alpha,\omega\phi1(t)=\omega\phi1,\omega\phi2(t)=\omega\phi2,vy(t)=vy,vx(t)=vx,\frac{d}{dt}vx(t)=v vx,\frac{d}{dt}vy(t)=v vy,\frac{d}{dt}\omega\alpha(t)=\omega\alpha,$$

$$)-a\cdot m1\cdot\omega\alpha\cdot\sin(\beta-\alpha)\cdot(vy+e1\cdot\omega\phi1\cdot\cos(\phi1)-a\cdot\omega\alpha\cdot\cos(\beta-\alpha))+a\cdot m2\cdot\omega\alpha\cdot\sin(\beta-\alpha)\cdot(vy+e2\cdot\omega\phi2$$

$$\cos(\beta-\alpha)-a\cdot m1\cdot\omega\alpha\cdot\sin(\beta-\alpha)\cdot(vy+e1\cdot\omega\phi1\cdot\cos(\phi1)-a\cdot\omega\alpha\cdot\cos(\beta-\alpha))+a\cdot m2\cdot\omega\alpha\cdot\sin(\beta-\alpha)\cdot(vy+e2\cdot\omega\phi2$$

$$\cdot bx\cdot vx\cdot H+2\cdot by\cdot\omega\alpha\cdot l^2$$

$$a\cdot m1\cdot v vx\cdot\sin(\beta-\alpha)+a\cdot m2\cdot v vx\cdot\sin(\beta-\alpha)-a\cdot e1\cdot m1\cdot\omega\omega\phi1\cdot\cos(\beta-\alpha-\phi1)-a\cdot e2\cdot m2\cdot\omega\phi2^2\cdot\sin(\beta-$$

$$v) - a \cdot m1 \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot (vy + e1 \cdot \omega\phi1 \cdot \cos(\phi1) - a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)) + a \cdot m2 \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot (vy + e2 \cdot \omega\phi2 \cdot \cos(\phi2) - a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha))$$

$$+ H \cdot bx \cdot (vx + H \cdot \omega\alpha) + ky \cdot l \cdot (y + \alpha \cdot l) - ky \cdot l \cdot (y - \alpha \cdot l) + \frac{by \cdot l \cdot (vy + l \cdot \omega\alpha)}{2} - \frac{by \cdot l \cdot (vy - l \cdot \omega\alpha)}{2} - a \cdot g \cdot m1 \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

Przekopowane bo d/dt alfa nie dzialalo

$$\frac{d}{dt} (a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) + mk \cdot vx$$

$$\frac{n(\phi2) + 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)}{2} + mk \cdot vx \text{ substitute, } vx = vx(t), \omega\phi1 = \omega\phi1(t), \phi1 = \phi1(t), \omega\alpha = \omega\alpha(t), \alpha = \alpha(t)$$

$$m2 \cdot \frac{d}{dt} \omega\phi2(t) \cdot \sin(\phi2(t)) - a \cdot m1 \cdot \frac{d}{dt} \omega\alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m2 \cdot \frac{d}{dt} \omega\alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + e1 \cdot m1 \cdot \omega\phi1(t) \cdot \cos(\phi1(t)) - e2 \cdot m2 \cdot \omega\phi2(t) \cdot \cos(\phi2(t))$$

$$\omega\phi1 \cdot \sin(\phi1) - e2 \cdot m2 \cdot \omega\omega\phi2 \cdot \sin(\phi2) - a \cdot m1 \cdot \omega\omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m2 \cdot \omega\omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m1 \cdot \omega\alpha^2 \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m2 \cdot \omega\alpha^2 \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$\frac{+ 2 \cdot H \cdot \omega\alpha}{2} + e1 \cdot m1 \cdot \omega\phi1^2 \cdot \cos(\phi1) - e2 \cdot m2 \cdot \omega\phi2^2 \cdot \cos(\phi2) + a \cdot m1 \cdot \omega\alpha^2 \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m2 \cdot \omega\alpha^2 \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$\frac{2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)}{2} + mk \cdot vy$$

$$\frac{os(\phi2) + 2 \cdot a \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)}{2} + mk \cdot vy \text{ substitute, } vy = vy(t), \omega\phi1 = \omega\phi1(t), \omega\phi2 = \omega\phi2(t), \omega\alpha = \omega\alpha(t), \alpha = \alpha(t)$$

$$m2 \cdot \frac{d}{dt} \omega\phi2(t) \cdot \cos(\phi2(t)) - a \cdot m1 \cdot \frac{d}{dt} \omega\alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m2 \cdot \frac{d}{dt} \omega\alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) - e1 \cdot m1 \cdot \omega\phi1(t) \cdot \sin(\phi1(t)) + e2 \cdot m2 \cdot \omega\phi2(t) \cdot \sin(\phi2(t))$$

$$- a \cdot m1 \cdot \omega\omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) + a \cdot m2 \cdot \omega\omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m1 \cdot \omega\alpha^2 \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m2 \cdot \omega\alpha^2 \cdot \sin(\beta - \alpha)$$

$$\frac{y - 2 \cdot \alpha \cdot l}{2} + \frac{ky \cdot (2 \cdot y + 2 \cdot \alpha \cdot l)}{2} + \frac{by \cdot (2 \cdot vy - 2 \cdot l \cdot \omega\alpha)}{2} + \frac{by \cdot (2 \cdot vy + 2 \cdot l \cdot \omega\alpha)}{2} - e1 \cdot m1 \cdot \omega\phi1^2 \cdot \sin(\phi1) - e2 \cdot m2 \cdot \omega\phi2^2 \cdot \sin(\phi2)$$

$$+ e1 \cdot m1 \cdot \sin(\phi1) \cdot (vx + e1 \cdot \omega \phi1 \cdot \sin(\phi1) - a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))$$

$$\cos(\beta - \alpha)) + e1 \cdot m1 \cdot \sin(\phi1) \cdot (vx + e1 \cdot \omega \phi1 \cdot \sin(\phi1) - a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) \text{ substitute, } \omega \phi1 = \omega \phi1(t), \phi1 =$$

$$+ e1 \cdot m1 \cdot \frac{d}{dt} vy(t) \cdot \cos(\phi1(t)) + e1 \cdot m1 \cdot \frac{d}{dt} vx(t) \cdot \sin(\phi1(t)) + e1 \cdot m1 \cdot vx(t) \cdot \frac{d}{dt} \phi1(t) \cdot \cos(\phi1(t)) - e1 \cdot m1 \cdot vy(t)$$

$$m1 \cdot vx \cdot \sin(\phi1) + e1 \cdot m1 \cdot vx \cdot \omega \phi1 \cdot \cos(\phi1) - e1 \cdot m1 \cdot vy \cdot \omega \phi1 \cdot \sin(\phi1) - a \cdot e1 \cdot m1 \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi1) \cdot \omega \alpha - a \cdot$$

$$1 \cdot \sin(\phi1) \cdot (vy + e1 \cdot \omega \phi1 \cdot \cos(\phi1) - a \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)) - e1 \cdot g \cdot m1 \cdot \cos(\phi1)$$

$$\phi1 + e1 \cdot g \cdot m1 \cdot \cos(\phi1) + e1 \cdot m1 \cdot vvy \cdot \cos(\phi1) + e1 \cdot m1 \cdot vvx \cdot \sin(\phi1) - a \cdot e1 \cdot m1 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi1) + e1 \cdot$$

$$- e2 \cdot m2 \cdot \sin(\phi2) \cdot (vx - e2 \cdot \omega \phi2 \cdot \sin(\phi2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))$$

$$\cos(\beta - \alpha)) - e2 \cdot m2 \cdot \sin(\phi2) \cdot (vx - e2 \cdot \omega \phi2 \cdot \sin(\phi2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) \text{ substitute, } \omega \phi2 = \omega \phi2(t), \phi2 =$$

$$+ e2 \cdot m2 \cdot \frac{d}{dt} vy(t) \cdot \cos(\phi2(t)) - e2 \cdot m2 \cdot \frac{d}{dt} vx(t) \cdot \sin(\phi2(t)) + a \cdot e2 \cdot m2 \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t) + \phi2(t)) - e2 \cdot m$$

$$m2 \cdot vx \cdot \sin(\phi2) + a \cdot e2 \cdot m2 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha + \phi2) - e2 \cdot m2 \cdot vx \cdot \omega \phi2 \cdot \cos(\phi2) - e2 \cdot m2 \cdot vy \cdot \omega \phi2 \cdot \sin(\phi2) - a \cdot$$

$$[ \beta - \alpha)) - e2 \cdot m2 \cdot \omega \phi2 \cdot \cos(\phi2) \cdot (vx - e2 \cdot \omega \phi2 \cdot \sin(\phi2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))$$

$$\phi2 + e2 \cdot g \cdot m2 \cdot \cos(\phi2) + e2 \cdot m2 \cdot vvy \cdot \cos(\phi2) - e2 \cdot m2 \cdot vvx \cdot \sin(\phi2) - e2 \cdot m2 \cdot vx \cdot \omega \phi2 \cdot \cos(\phi2) - e2 \cdot m2 \cdot vy$$



$$\frac{k_y \cdot (y - l \cdot \alpha)^2}{2} - \frac{k_x \cdot (x + H \cdot \alpha)^2}{2} - \frac{k_x \cdot (-x - H \cdot \alpha)^2}{2}$$

$$+ a \cdot m_2 \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot (v_x - e_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))$$

$$a \cdot m_2 \cdot v_y(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) - a \cdot m_1 \cdot v_x(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m_2 \cdot v_x(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2(t) \cdot \cos(\beta$$

$$s(\beta - \alpha(t) + \phi_2(t)) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \cos(\beta - \alpha(t) - \phi_1(t)) \cdot \frac{d}{dt} \omega \phi_1(t) + a \cdot m_1 \cdot v_x(t) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) - a \cdot r$$

$$t) = \omega \omega \alpha, \frac{d}{dt} \omega \phi_1(t) = \omega \omega \phi_1, \frac{d}{dt} \omega \phi_2(t) = \omega \omega \phi_2 \rightarrow J_c \cdot \omega \omega \alpha + a^2 \cdot m_1 \cdot \omega \omega \alpha + a^2 \cdot m_2 \cdot \omega \omega \alpha - a \cdot m_1 \cdot v_{vy} \cdot$$

$$l \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)) + a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot (v_x + e_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\phi_1) - a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) - a \cdot m_2 \cdot$$

$$+ e_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)) + a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot (v_x + e_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\phi_1) - a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))$$

$$\cdot \alpha + \phi_2) + a \cdot m_1 \cdot v_x \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_2 \cdot v_x \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_1 \cdot v_y \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot v_y \cdot \omega \alpha \cdot$$

$$2 \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)) + a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot (v_x + e_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\phi_1) - a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) - a \cdot m_2$$

$$\cos(\beta - \alpha) + a \cdot g \cdot m_2 \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_1 \cdot v_{vy} \cdot \cos(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot v_{vy} \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_1 \cdot v_{vx} \cdot \sin(\beta - \alpha) +$$

$$: \alpha(t), \omega \phi_2 = \omega \phi_2(t), (\phi_2 = \phi_2(t)) \rightarrow m_1 \cdot v_x(t) + m_2 \cdot v_x(t) + m_k \cdot v_x(t) + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1(t) \cdot \sin(\phi_1(t)) - e_2 \cdot$$

$$\frac{1}{dt} \phi_1(t) \cdot \cos(\phi_1(t)) - e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2(t) \cdot \frac{d}{dt} \phi_2(t) \cdot \cos(\phi_2(t)) + a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha(t) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) - a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha(t)$$

$$(\beta - \alpha) - a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha^2 \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$- \alpha) + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \omega \phi_1 \cdot \sin(\phi_1) - e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) - a \cdot m_1 \cdot \omega \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot \omega \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) :$$

$$, \phi_1 = \phi_1(t), \phi_2 = \phi_2(t), \alpha = \alpha(t) \rightarrow m_1 \cdot v_y(t) + m_2 \cdot v_y(t) + m_k \cdot v_y(t) + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1(t) \cdot \cos(\phi_1(t)) + e_2 \cdot$$

$$\frac{d}{dt} \phi_1(t) \cdot \sin(\phi_1(t)) - e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2(t) \cdot \frac{d}{dt} \phi_2(t) \cdot \sin(\phi_2(t)) - a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha(t) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha(t)$$

$$(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha^2 \cdot \sin(\beta - \alpha)$$

$$m_2 \cdot \omega \phi_2^2 \cdot \sin(\phi_2) - a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha^2 \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha^2 \cdot \sin(\beta - \alpha) + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \omega \phi_1 \cdot \cos(\phi_1) + e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \omega$$

$$\phi_1(t), \omega_\alpha = \alpha(t), \alpha = \alpha(t), v_x = v_x(t), v_y = v_y(t) \rightarrow J_{c1} \cdot \omega \phi_1(t) + J_{s1} \cdot \omega \phi_1(t) + J_{w1} \cdot \omega \phi_1(t) + e_1^2 \cdot m_1 \cdot$$

$$\cdot \frac{d}{dt} \phi_1(t) \cdot \sin(\phi_1(t)) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \cos(\beta - \alpha(t) - \phi_1(t)) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \sin(\beta - \alpha(t) - \phi_1(t)) \cdot \alpha(t) \cdot \left( \frac{d}{dt} \alpha \right.$$

$$\left. \alpha \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) - a \cdot \alpha \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) \cdot \omega \alpha \right.$$

$$\left. \cdot m_1 \cdot v_x \cdot \omega \phi_1 \cdot \cos(\phi_1) - e_1 \cdot m_1 \cdot v_y \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\phi_1) + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\phi_1) \cdot (v_y + e_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \cos(\phi_1) - a \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi_1)) \right.$$

$$\phi_2(t), \omega_\alpha = \alpha(t), \alpha = \alpha(t), v_x = v_x(t), v_y = v_y(t) \rightarrow J_{c2} \cdot \omega \phi_2(t) + J_{s2} \cdot \omega \phi_2(t) + J_{w2} \cdot \omega \phi_2(t) + e_2^2 \cdot m_2 \cdot$$

$$2 \cdot v_x(t) \cdot \frac{d}{dt} \phi_2(t) \cdot \cos(\phi_2(t)) - e_2 \cdot m_2 \cdot v_y(t) \cdot \frac{d}{dt} \phi_2(t) \cdot \sin(\phi_2(t)) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t) + \phi_2(t)) \cdot \left( \frac{d}{dt} \alpha \right.$$

$$\left. \alpha \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) + a \cdot \alpha \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) \right.$$

$$\left. \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) + e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) \cdot (v_y + e_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)) + e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \cos(\phi_2) \cdot \right.$$

$$-\alpha(t) + \phi_2(t)) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \cos(\beta - \alpha(t) - \phi_1(t)) \cdot \omega \phi_1(t)$$

$$i_2 \cdot v_x(t) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) - a \cdot m_1 \cdot v_y(t) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m_2 \cdot v_y(t) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) - a \cdot e_1$$

$$\cos(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot v_{vy} \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_1 \cdot v_{vx} \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot v_{vx} \cdot \sin(\beta - \alpha) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$\omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot (v_x - e_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) \text{ simplify } \rightarrow a \cdot g \cdot m_1 \cdot \cos(\beta - \alpha) - 2 \cdot k_x \cdot x \cdot H - \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \omega^2 \cdot \phi_1^2$$

$$) - a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot (v_x - e_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))$$

$$\sin(\beta - \alpha) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1^2 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \cos(\beta - \alpha + \phi_2) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\beta - \alpha)$$

$$\cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot (v_x - e_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))$$

$$a \cdot m_2 \cdot v_{vx} \cdot \sin(\beta - \alpha) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \omega \phi_1 \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi_1) - a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2^2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) + a \cdot m_1 \cdot v_x \cdot \omega \alpha$$

$$2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2(t) \cdot \sin(\phi_2(t)) - a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t))$$

$$t) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) \text{ substitute, } \frac{d}{dt} v_x(t) = v_{vx}, \frac{d}{dt} \omega \phi_1(t) = \omega \omega \phi_1, \frac{d}{dt} \omega \phi_2(t) = \omega \omega \phi_2, \frac{d}{dt} \omega \alpha(t) = \omega \omega \alpha$$

$$\text{simplify} \rightarrow b_x \cdot v_x + 2 \cdot k_x \cdot x + m_1 \cdot v_{vx} + m_2 \cdot v_{vx} + m_k \cdot v_{vx} + 2 \cdot H \cdot \alpha \cdot k_x + H \cdot b_x \cdot \omega \alpha + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1^2 \cdot \cos(\phi_1)$$

$$m_2 \cdot \omega \phi_2(t) \cdot \cos(\phi_2(t)) - a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t))$$

$$) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) \text{ substitute, } \frac{d}{dt} v_y(t) = v_{vy}, \frac{d}{dt} \omega \phi_1(t) = \omega \omega \phi_1, \frac{d}{dt} \omega \phi_2(t) = \omega \omega \phi_2, \frac{d}{dt} \omega \alpha(t) = \omega \omega \alpha,$$

$$\phi_2 \cdot \cos(\phi_2) - a \cdot m_1 \cdot \omega \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot \omega \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \text{ simplify} \rightarrow g \cdot m_1 + g \cdot m_2 + g \cdot m_k + 2 \cdot b_y \cdot$$

$$\omega\phi_1(t) + e_1 \cdot m_1 \cdot v_y(t) \cdot \cos(\phi_1(t)) + e_1 \cdot m_1 \cdot v_x(t) \cdot \sin(\phi_1(t)) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \cos(\beta - \alpha(t) - \phi_1(t)) \cdot \alpha(t)$$

$$(t) + \frac{d}{dt}\phi_1(t) \Bigg) \text{ substitute, } \frac{d}{dt}v_y(t) = v_{vy}, \frac{d}{dt}v_x(t) = v_{vx}, \frac{d}{dt}\omega\alpha(t) = \omega\omega\alpha, \frac{d}{dt}\omega\phi_1(t) = \omega\omega\phi_1, \frac{d}{dt}\omega\phi_2(t) =$$

$$(\beta - \alpha)) - e_1 \cdot m_1 \cdot \omega\phi_1 \cdot \cos(\phi_1) \cdot (v_x + e_1 \cdot \omega\phi_1 \cdot \sin(\phi_1) - a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) - a \cdot \alpha \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1)$$

$$\omega\phi_2(t) + e_2 \cdot m_2 \cdot v_y(t) \cdot \cos(\phi_2(t)) - e_2 \cdot m_2 \cdot v_x(t) \cdot \sin(\phi_2(t)) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t) + \phi_2(t))$$

$$_2(t) - \frac{d}{dt}\phi_2(t) \Bigg) \text{ substitute, } \frac{d}{dt}v_y(t) = v_{vy}, \frac{d}{dt}v_x(t) = v_{vx}, \frac{d}{dt}\omega\alpha(t) = \omega\omega\alpha, \frac{d}{dt}\omega\phi_1(t) = \omega\omega\phi_1, \frac{d}{dt}\omega\phi_2(t) =$$

$$(v_x - e_2 \cdot \omega\phi_2 \cdot \sin(\phi_2) + a \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega\alpha \cdot \cos(\beta - \alpha + \phi_2) + a \cdot \alpha \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2)$$

$$\cdot m_1 \cdot \sin(\beta - \alpha(t) - \phi_1(t)) \cdot \omega \phi_1(t) \cdot \left( \frac{d}{dt} \alpha(t) + \frac{d}{dt} \phi_1(t) \right) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t) + \phi_2(t)) \cdot \left( \frac{d}{dt} \alpha(t) \right.$$

$$\beta - \alpha - \phi_1) - a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2^2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) + a \cdot m_1 \cdot v_x \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_2 \cdot v_x \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot r$$

$$2 \cdot \alpha \cdot k_y \cdot l^2 - 2 \cdot \alpha \cdot k_x \cdot H^2 - a \cdot g \cdot m_2 \cdot \cos(\beta - \alpha) + a \cdot m_1 \cdot v_x \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_2 \cdot v_x \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_1 \cdot$$

$$\beta - \alpha + \phi_2) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1)$$

$$x \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_2 \cdot v_x \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_1 \cdot v_y \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot v_y \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot s$$

$$t, \frac{d}{dt} \phi_1(t) = \omega \phi_1, \frac{d}{dt} \phi_2(t) = \omega \phi_2, (\alpha(t) = \alpha), \phi_1(t) = \phi_1, \phi_2(t) = \phi_2, \omega \alpha(t) = \omega \alpha, \omega \phi_1(t) = \omega \phi_1, \omega \phi_2(t) = \omega \phi_2$$

$$1) - e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2^2 \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha^2 \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha^2 \cdot \cos(\beta - \alpha) + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \omega \phi_1 \cdot \sin(\phi_1) - e_2$$

$$\frac{d}{dt} \phi_1(t) = \omega \phi_1, \frac{d}{dt} \phi_2(t) = \omega \phi_2, \frac{d}{dt} \alpha(t) = \omega \alpha, \alpha(t) = \alpha, \phi_1(t) = \phi_1, \phi_2(t) = \phi_2, \omega \alpha(t) = \omega \alpha, \omega \phi_1(t) =$$

$$v_y + m_1 \cdot v_{vy} + m_2 \cdot v_{vy} + m_k \cdot v_{vy} + 2 \cdot k_y \cdot y - e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1^2 \cdot \sin(\phi_1) - e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2^2 \cdot \sin(\phi_2) - a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha^2 \cdot s$$



$$: \omega \omega \phi 2, \frac{d}{dt} \phi 1(t) = \omega \phi 1, \frac{d}{dt} \phi 2(t) = \omega \phi 2, \frac{d}{dt} \alpha(t) = \omega \alpha, \alpha(t) = \alpha, \phi 1(t) = \phi 1, (\phi 2(t) = \phi 2), v_x(t) = v_x, v_y$$

$$\phi 1) - a \cdot \alpha \cdot e 1 \cdot m 1 \cdot \omega \phi 1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi 1) \text{ simplify } \rightarrow J c 1 \cdot \omega \omega \phi 1 + J s 1 \cdot \omega \omega \phi 1 + J w 1 \cdot \omega \omega \phi 1 + e 1^2 \cdot m 1 \cdot \omega \omega$$

$$: \omega \omega \phi 2, \frac{d}{dt} \phi 1(t) = \omega \phi 1, \frac{d}{dt} \phi 2(t) = \omega \phi 2, \frac{d}{dt} \alpha(t) = \omega \alpha, \alpha(t) = \alpha, \phi 1(t) = \phi 1, (\phi 2(t) = \phi 2), v_x(t) = v_x, v_y$$

$$\phi 2) - a \cdot \alpha \cdot e 2 \cdot m 2 \cdot \omega \phi 2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi 2) \text{ simplify } \rightarrow J c 2 \cdot \omega \omega \phi 2 + J s 2 \cdot \omega \omega \phi 2 + J w 2 \cdot \omega \omega \phi 2 + e 2^2 \cdot m 2 \cdot \omega \omega$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{d}{dt}\phi_2(t) \Bigg) \text{ simplify } \rightarrow J_c \cdot \frac{d}{dt}\omega\alpha(t) + a^2 \cdot m_1 \cdot \frac{d}{dt}\omega\alpha(t) + a^2 \cdot m_2 \cdot \frac{d}{dt}\omega\alpha(t) - a \cdot m_1 \cdot \frac{d}{dt}v_y(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) + \\
& n_1 \cdot v_y \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot v_y \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega\phi_1^2 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega\omega\phi_2 \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi_2) \\
& v_y \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot v_y \cdot \omega\alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega\alpha \cdot \omega\phi_2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega\alpha \cdot \omega\phi_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1)
\end{aligned}$$

$$\sin(\beta - \alpha) \cdot (v_y + e_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \cos(\phi_1) - a \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)) - a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot (v_y + e_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \cos(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha))$$

$$\dot{\alpha}(t) = \omega \phi_2, \frac{d}{dt} \alpha(t) = \omega \alpha \rightarrow e_1 \cdot m_1 \cdot \cos(\phi_1) \cdot \omega \phi_1^2 - e_2 \cdot m_2 \cdot \cos(\phi_2) \cdot \omega \phi_2^2 + m_1 \cdot v_{vx} + m_2 \cdot v_{vx} + m_k \cdot v_{vx}$$

$$- m_2 \cdot \omega \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) - a \cdot m_1 \cdot \omega \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot \omega \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)$$

$$\omega \phi_1, \omega \phi_2(t) = \omega \phi_2 \rightarrow m_1 \cdot v_{vy} - e_2 \cdot m_2 \cdot \sin(\phi_2) \cdot \omega \phi_2^2 - e_1 \cdot m_1 \cdot \sin(\phi_1) \cdot \omega \phi_1^2 + m_2 \cdot v_{vy} + m_k \cdot v_{vy} + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\phi_1)$$

$$\sin(\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha^2 \cdot \sin(\beta - \alpha) + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \omega \phi_1 \cdot \cos(\phi_1) + e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \omega \phi_2 \cdot \cos(\phi_2) - a \cdot m_1 \cdot \omega \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$\tau(t) = v_y \rightarrow J_{c1} \cdot \omega \omega \phi_1 + J_{s1} \cdot \omega \omega \phi_1 + J_{w1} \cdot \omega \omega \phi_1 + e_1^2 \cdot m_1 \cdot \omega \omega \phi_1 + e_1 \cdot m_1 \cdot v_{vy} \cdot \cos(\phi_1) + e_1 \cdot m_1 \cdot v_{vx} \cdot \sin(\phi_1) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi_1) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1)$$

$$\phi_1 + e_1 \cdot g \cdot m_1 \cdot \cos(\phi_1) + e_1 \cdot m_1 \cdot v_{vy} \cdot \cos(\phi_1) + e_1 \cdot m_1 \cdot v_{vx} \cdot \sin(\phi_1) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi_1) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1)$$

$$\tau(t) = v_y \rightarrow J_{c2} \cdot \omega \omega \phi_2 + J_{s2} \cdot \omega \omega \phi_2 + J_{w2} \cdot \omega \omega \phi_2 + e_2^2 \cdot m_2 \cdot \omega \omega \phi_2 + e_2 \cdot m_2 \cdot v_{vy} \cdot \cos(\phi_2) - e_2 \cdot m_2 \cdot v_{vx} \cdot \sin(\phi_2) - a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha + \phi_2) - a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2)$$

$$\phi_2 + e_2 \cdot g \cdot m_2 \cdot \cos(\phi_2) + e_2 \cdot m_2 \cdot v_{vy} \cdot \cos(\phi_2) - e_2 \cdot m_2 \cdot v_{vx} \cdot \sin(\phi_2) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha + \phi_2) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2)$$

$$+ a \cdot m_2 \cdot \frac{d}{dt} v_y(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) - a \cdot m_1 \cdot \frac{d}{dt} v_x(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m_2 \cdot \frac{d}{dt} v_x(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \frac{d}{dt} \omega \phi$$

$$\beta - \alpha + \phi_2) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1)$$

$$(\beta - \alpha - \phi_1)$$

$$\omega\alpha\cdot\cos(\beta-\alpha)) - a\cdot m1\cdot\omega\alpha\cdot\cos(\beta-\alpha)\cdot(vx + e1\cdot\omega\phi1\cdot\sin(\phi1) - a\cdot\omega\alpha\cdot\sin(\beta-\alpha)) + a\cdot m2\cdot\omega\alpha\cdot\cos(\beta-\alpha$$

$$+ e1\cdot m1\cdot\omega\omega\phi1\cdot\sin(\phi1) - e2\cdot m2\cdot\omega\omega\phi2\cdot\sin(\phi2) - a\cdot m1\cdot\omega\omega\alpha\cdot\sin(\beta-\alpha) + a\cdot m2\cdot\omega\omega\alpha\cdot\sin(\beta-\alpha) + a\cdot n$$

$$;1\cdot m1\cdot\omega\omega\phi1\cdot\cos(\phi1) + e2\cdot m2\cdot\omega\omega\phi2\cdot\cos(\phi2) - a\cdot m1\cdot\omega\omega\alpha\cdot\cos(\beta-\alpha) + a\cdot m2\cdot\omega\omega\alpha\cdot\cos(\beta-\alpha) - a\cdot m1\cdot$$

$$-\alpha) + a\cdot m2\cdot\omega\omega\alpha\cdot\cos(\beta-\alpha)$$

$$\sin(\phi_1) + e_1 \cdot m_1 \cdot v_x \cdot \omega \phi_1 \cdot \cos(\phi_1) - e_1 \cdot m_1 \cdot v_y \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\phi_1) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi_1) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) - a \cdot \alpha \cdot e_1 \cdot r$$

$$e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) - a \cdot \alpha \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) + a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1)$$

$$\sin(\phi_2) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \cos(\beta - \alpha + \phi_2) - e_2 \cdot m_2 \cdot v_x \cdot \omega \phi_2 \cdot \cos(\phi_2) - e_2 \cdot m_2 \cdot v_y \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) - a \cdot \alpha \cdot e_2 \cdot r$$

$$\alpha \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) - a \cdot \alpha \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2)$$

$$v_2(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t) + \phi_2(t)) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \cos(\beta - \alpha(t) - \phi_1(t)) \cdot \frac{d}{dt} \omega \phi_1(t) + a \cdot m_1 \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot v_x(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t))$$



$$) \cdot (v_x - e_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\phi_2) + a \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1^2 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \cos(\beta -$$

$$_1 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) - a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t)$$

$$\cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) + a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \rightarrow m_1 \cdot v_{vy} - e_2 \cdot m_2 \cdot \sin(\phi_2) \cdot \omega \phi_2^2 - e_1 \cdot m_1 \cdot \sin(\phi_1)$$

$$n_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) - a \cdot \alpha \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t)$$

$$n_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) + a \cdot \alpha \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2)$$

$$) - a \cdot m_2 \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot v_x(t) \cdot \cos(\beta - \alpha(t)) - a \cdot m_1 \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot v_y(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t)) + a \cdot m_2 \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot v_y(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t))$$

$$\alpha + \phi_2) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \omega \phi_2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \omega \phi_1 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) \text{ simplify } \rightarrow J_c \cdot \omega \omega \alpha$$

$$+ \omega \phi_1^2 + m_2 \cdot v_{vy} + m_k \cdot v_{vy} + e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \omega \phi_1 \cdot \cos(\phi_1) + e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \omega \phi_2 \cdot \cos(\phi_2) - a \cdot m_1 \cdot \omega \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) +$$

$$+ a \cdot e^2 \cdot m^2 \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \omega \phi^2(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t) + \phi^2(t)) - a \cdot e^2 \cdot m^2 \cdot \omega \phi^2(t) \cdot \frac{d}{dt} \phi^2(t) \cdot \sin(\beta - \alpha(t) + \phi^2(t)) - a \cdot e^1$$

$$l + H \cdot b_x \cdot v_x + 2 \cdot H \cdot k_x \cdot x + 2 \cdot H^2 \cdot \alpha \cdot k_x + H^2 \cdot b_x \cdot \omega \alpha + 2 \cdot \alpha \cdot k_y \cdot l^2 + b_y \cdot l^2 \cdot \omega \alpha + a^2 \cdot m_1 \cdot \omega \omega \alpha + a^2 \cdot m_2 \cdot \omega \omega \alpha -$$

$$a \cdot m_2 \cdot \omega \omega \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m_1 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) + a \cdot m_2 \cdot \omega \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t)$$

$$l \cdot m1 \cdot \sin(\beta - \alpha(t) - \phi1(t)) \cdot \frac{d}{dt} \alpha(t) \cdot \omega \phi1(t) - a \cdot e1 \cdot m1 \cdot \sin(\beta - \alpha(t) - \phi1(t)) \cdot \omega \phi1(t) \cdot \frac{d}{dt} \phi1(t)$$

$$- a \cdot g \cdot m1 \cdot \cos(\beta - \alpha) + a \cdot g \cdot m2 \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m1 \cdot vvy \cdot \cos(\beta - \alpha) + a \cdot m2 \cdot vvy \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m1 \cdot vvx \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m2 \cdot vvx \cdot \sin(\beta - \alpha)$$



$$\beta - \alpha) + a \cdot m_2 \cdot v_{vx} \cdot \sin(\beta - \alpha) - a \cdot e_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1 \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi_1) - a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2^2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi_2) - a \cdot \epsilon$$

$$\varepsilon_1 \cdot m_1 \cdot \omega \phi_1^2 \cdot \sin(\beta - \alpha - \phi_1) + a \cdot e_2 \cdot m_2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \cos(\beta - \alpha + \phi_2) \text{ simplify } \rightarrow J_c \cdot \omega \omega \alpha + H \cdot b x \cdot v x + 2 \cdot H \cdot$$

$$kx \cdot x + 2 \cdot H^2 \cdot \alpha \cdot kx + H^2 \cdot bx \cdot \omega \alpha + 2 \cdot \alpha \cdot ky \cdot l^2 + by \cdot l^2 \cdot \omega \alpha + a^2 \cdot m1 \cdot \omega \omega \alpha + a^2 \cdot m2 \cdot \omega \omega \alpha - a \cdot g \cdot m1 \cdot \cos(\beta - \alpha)$$

$$) + a \cdot g \cdot m2 \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m1 \cdot vvy \cdot \cos(\beta - \alpha) + a \cdot m2 \cdot vvy \cdot \cos(\beta - \alpha) - a \cdot m1 \cdot vvx \cdot \sin(\beta - \alpha) + a \cdot m2 \cdot vvx$$

$$\cdot \sin(\beta - \alpha) - a \cdot e1 \cdot m1 \cdot \omega \phi1 \cdot \cos(\beta - \alpha - \phi1) - a \cdot e2 \cdot m2 \cdot \omega \phi2^2 \cdot \sin(\beta - \alpha + \phi2) - a \cdot e1 \cdot m1 \cdot \omega \phi1^2 \cdot \sin(\beta$$

$$-\alpha - \phi_1) + a \cdot e^2 \cdot m^2 \cdot \omega \phi_2 \cdot \cos(\beta - \alpha + \phi_2)$$