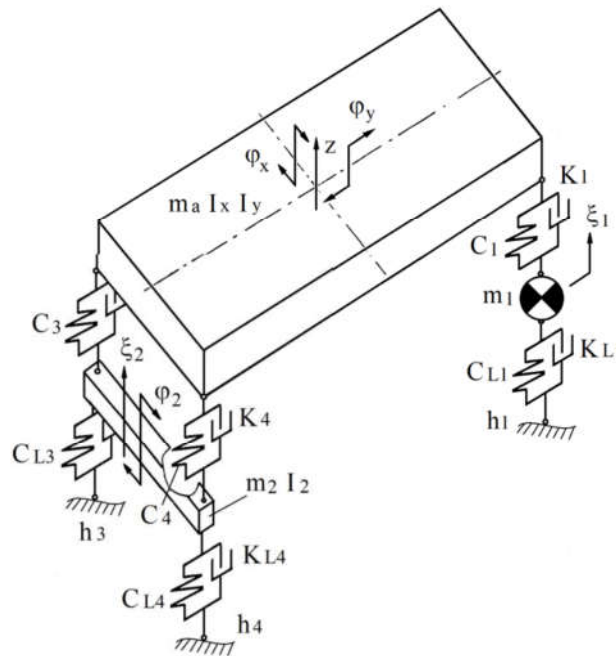


Hanoi University of Science and Technology School of Transportation Engineering		FINAL EXAM TE4240: Vehicle dynamics Date: 14.06.2018 Duration: 90 min <i>(Open printed slide and textbook, Exam Papers and Problem sheet must be handed in)</i>
Exam No. 1 No. of pages: 1		
Sign	Subject group leader: Dr. Trinh Minh Hoang	D.Head of the Department: Dr. Dam Hoang Phuc

Problem


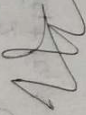

Given a mechanical model of truck with the suspensions and wheels in the figure below. In the model, assuming that the sprung mass is described as a plate with properties mass m_a , I_x , I_y . The sprung mass has 3 degrees of freedoms (DOF), which are vertical displacement z , angular φ_x (around longitudinal axis x) and angular φ_y (around yaw axis y). The front unsprung masses are described as two mass (m_{11} , m_{12}) with two displacements ξ_{11} and ξ_{12} along vertical axis. The rear unsprung mass is described as a bar with two DOF: vertical displacement ξ_2 and angular φ_2 around the longitudinal axis x . Wheels contact as points to the road surface, in the general case here may occur the phenomenon of separation of wheels from the road surface. The velocity of the car is constant.

Requirements: Develop a system of differential equations describing vertical dynamics of the vehicle.



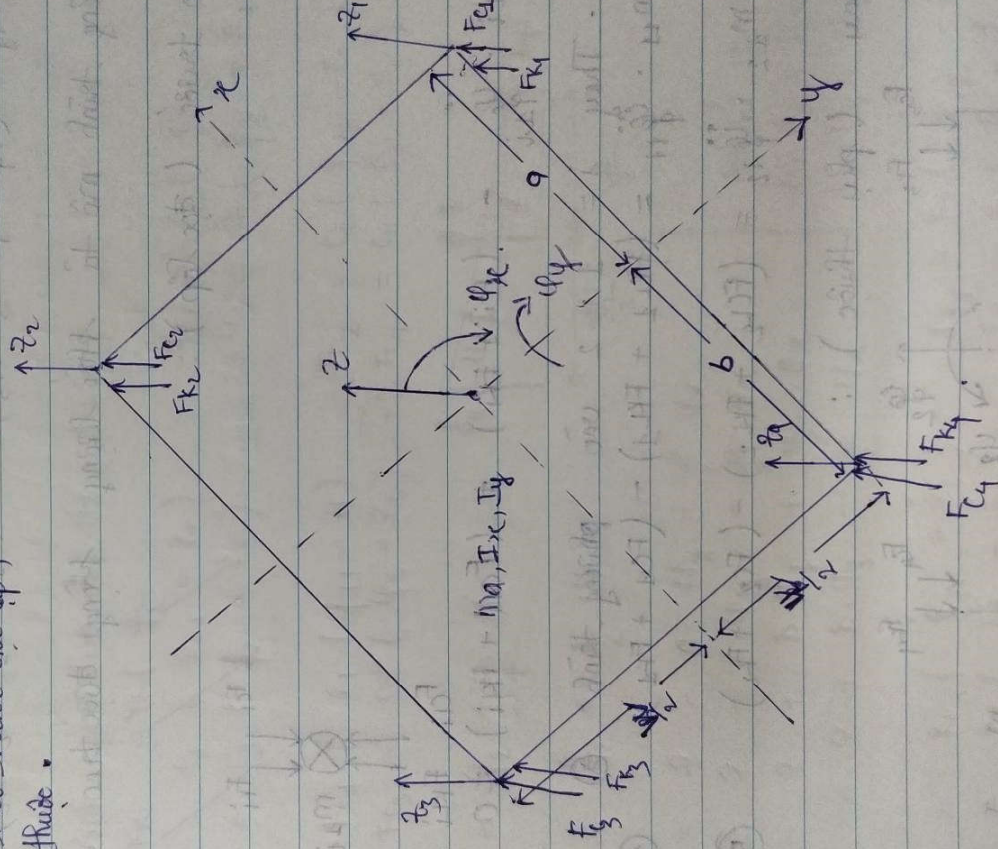
VIỆN CƠ KHÍ ĐỒNG LỤC

Họ tên SV: Phạm Quốc Thịnh MSSV: 20144298 STT: 25
 Học phần: Động lực học ô tô Mã HP: TE 4240
 Mã lớp học: 102693 Mã lớp thi: 83942
 Bài thi: [] giữa kỳ [] cuối kỳ 2017-2018 Ngày thi: 14/6/2018

Điểm của bài thi 	Chữ ký của (các) cán bộ chấm thi 	Chữ ký của cán bộ coi thi 
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tờ /

Hệ thống treo trước độc lập,
sau phụ thuộc.



⊕ Phương trình với ảnh hưởng được theo:

- Theo phương 8:

$$-m\ddot{\eta} + F_{c1} + F_{k1} + F_{c2} + F_{k2} + F_{c3} + F_{k3} + F_{c4} + F_{k4} = 0 \quad (1)$$

$$(1) \Rightarrow m\ddot{\eta} = F_{c1} + F_{k1} + F_{c2} + F_{k2} + F_{c3} + F_{k3} + F_{c4} + F_{k4} \quad (1)$$

- Theo phương góc quay ψ_x :

$$-I_x \cdot \ddot{\psi}_x + (F_{k2} + F_{c2} + F_{k3} + F_{c3}) \cdot \frac{W}{2} - (F_{k1} + F_{c1} + F_{k4} + F_{c4}) \cdot \frac{W}{2} \quad (2)$$

$$(1) \Rightarrow I_x \cdot \ddot{\psi}_x = (F_{k2} + F_{c2} + F_{k3} + F_{c3}) \cdot \frac{W}{2} - (F_{k1} + F_{c1} + F_{k4} + F_{c4}) \cdot \frac{W}{2} \quad (2)$$

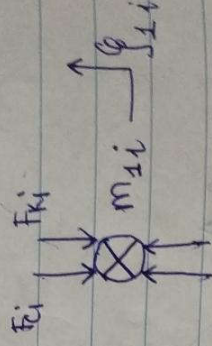
- Theo góc quay ψ_y :

$$-I_y \cdot \ddot{\psi}_y + (F_{k4} + F_{c4} + F_{k3} + F_{c3})b - (F_{c1} + F_{k1} + F_{c2} + F_{k2})a = 0$$

$$(1) \Rightarrow I_y \cdot \ddot{\psi}_y = (F_{k4} + F_{c4} + F_{k3} + F_{c3})b - (F_{c1} + F_{k1} + F_{c2} + F_{k2})a \quad (3)$$

⊕ Phương trình mô tả ảnh hưởng động được theo:

- Theo trước (độc lập):

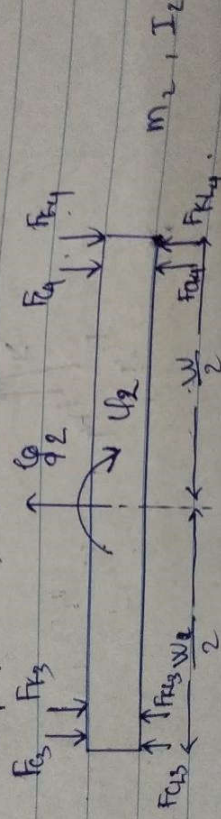


$$-m_{1i} \cdot \ddot{q}_{1i} - (F_{ci} + F_{ki}) + (F_{kLi} + F_{kLi}) = 0 \quad (i=1;2) \quad (4)$$

\Rightarrow Thay $i=1$; 2 vào phương trình:

$$\Rightarrow \begin{cases} m_{11} \cdot \ddot{q}_{11} = (F_{c11} + F_{k11}) - (F_{c1} + F_{k1}) \quad (4) \\ m_{12} \cdot \ddot{q}_{12} = (F_{c12} + F_{k12}) - (F_{c2} + F_{k2}) \quad (5) \end{cases}$$

- Theo sau (phụ thuộc):



$$- m_2 \cdot \ddot{g}_2 - (F_{g3} + F_{k3} + F_{c4} + F_{k4}) + (F_{c3} + F_{k3} + F_{c4} + F_{k4}) = 0$$

$$\textcircled{1} \Rightarrow m_2 \cdot \ddot{g}_2 = -(F_{g3} + F_{k3} + F_{c4} + F_{k4}) + (F_{c3} + F_{k3} + F_{c4} + F_{k4}) \quad \textcircled{6}$$

- Theo góc quay U_2 :

$$- I_2 \cdot \ddot{U}_2 + \frac{W}{2} (F_{c4} + F_{k4} + F_{c3} + F_{k3}) - \frac{W}{2} (F_{c3} + F_{k3} + F_{c4} + F_{k4}) = 0$$

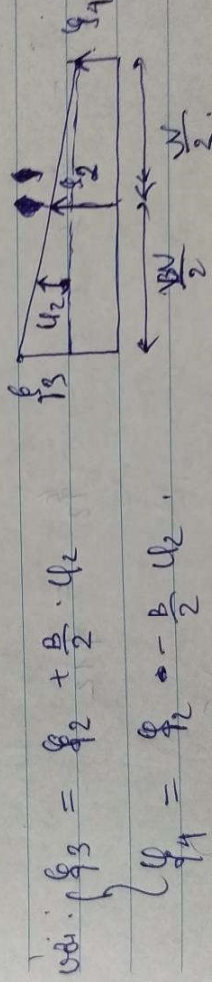
$$\textcircled{1} \Rightarrow I_2 \cdot \ddot{U}_2 = \frac{W}{2} (F_{c4} + F_{k4} + F_{c3} + F_{k3}) - \frac{W}{2} (F_{c3} + F_{k3} + F_{c4} + F_{k4}) \quad \textcircled{7}$$

- Hệ phương trình $\textcircled{1}; \textcircled{2}; \textcircled{3}; \textcircled{4}; \textcircled{5}; \textcircled{6}; \textcircled{7}$ mô tả động lực học theo phương thẳng đứng của rlc.

- Xác định các lực hệ thống treo:

$$\begin{aligned} F_{c1} &= c_1 (g_{11} - z_1) & ; & \quad F_{c2} = c_2 (g_{12} - z_2) \\ F_{c3} &= c_3 (g_2 - z_3) & ; & \quad F_{c4} = c_4 (g_2 - z_4) \end{aligned}$$

$$\textcircled{1} \quad \begin{aligned} F_{k1} &= c_1 (g_{11} - z_1) & ; & \quad F_{k2} = c_2 (g_{12} - z_2) \\ F_{k3} &= c_3 (g_3 - z_3) & ; & \quad F_{k4} = c_4 (g_4 - z_4) \end{aligned}$$



$$\begin{cases} z_1 = z - a \cdot U_y - \frac{W}{2} U_x \\ z_2 = z - a \cdot U_y + \frac{W}{2} U_x \\ z_3 = z + b \cdot U_y + \frac{W}{2} U_x \\ z_4 = z + b \cdot U_y - \frac{W}{2} U_x \end{cases}$$

Giới sử U_x, U_y nhỏ.

$\tan U_x \approx U_x$

$\tan U_y \approx U_y$

$$\begin{aligned} F_{k1} &= k_1 (g_{11} - z_1) & F_{k2} &= k_2 (g_{12} - z_2) \\ F_{k3} &= k_3 (g_3 - z_3) & F_{k4} &= k_4 (g_4 - z_4) \end{aligned}$$

* Xác định các phần lực của lớp:

- Khi không tách bánh:

$$F_{ci} + F_{ki} = C_i (r_i + g_i) + K_i (r_i - g_i)$$

với bánh xe trước thứ i ; $i = 1, 2, \dots$

$$(1) \quad \text{Đặt } \begin{matrix} g_1 \\ g_2 \end{matrix} = g_{1,2}$$

lưu ý luôn

- Khi tách bánh xe:

$$F_{ci} + F_{ki} = \begin{cases} C_i (r_i - g_i) + K_i (r_i - g_i), & \text{Khi } r_i - (g_i - g_i) > 0 \\ -F_{ci}, & \text{Khi } r_i - (g_i - g_i) < 0 \end{cases}$$

$$\text{trong đó: } f_{ki} = \frac{F_{ki}}{C_i}$$

$$F_{G_2; 2} = g \left(m_{1,2} + \frac{m_a \cdot b}{2L} \right)$$

$$F_{G_3; 3} = F_{G_4; 4} = g \left(\frac{m_2}{2} + \frac{m_a \cdot a}{2L} \right)$$

$$\text{Đặt: } \begin{matrix} g_1 \\ g_2 \end{matrix} = g_{1,2}$$

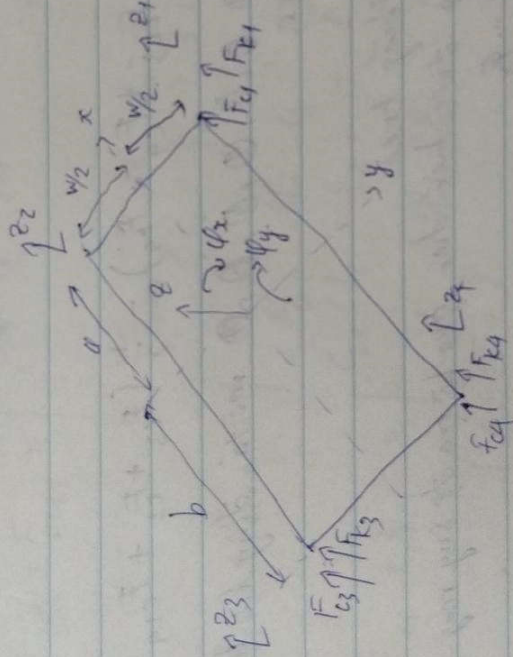
$$g_2 = g_{1,2}$$

VIỆN CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

Họ tên SV: Phạm Minh Trí MSSV: 20194658 STT: 26
 Học phần: Động lực học ô tô Mã HP: TE 4246
 Mã lớp học: 102693 Mã lớp thi: 83942
 Bài thi: [] giữa kỳ [M] cuối kỳ 2017-2018 Năm học: 2017-2018 Ngày thi: 19/6/2018

Điểm của bài thi <u>9,5</u>	Chữ ký của (các) cán bộ chấm thi <u>ALT</u>	Chữ ký của cán bộ coi thi <u>ALT</u>	
------------------------------------	----------------------------------------------------	---------------------------------------------	--

TỜ /



+ Theo phương z:

$$\textcircled{1} -m_g \cdot z + (F_{c1} + F_{k1}) + (F_{c2} + F_{k2}) + (F_{c3} + F_{k3}) + (F_{c4} + F_{k4}) = 0 \quad \textcircled{1}$$

+ Theo góc quay ϕ_x :

$$\textcircled{1} -I_x \cdot \phi_x + \frac{W}{2} (F_{c2} + F_{k2} + F_{c3} + F_{k3}) - \frac{W}{2} (F_{c1} + F_{k1} + F_{c4} + F_{k4}) = 0 \quad \textcircled{2}$$

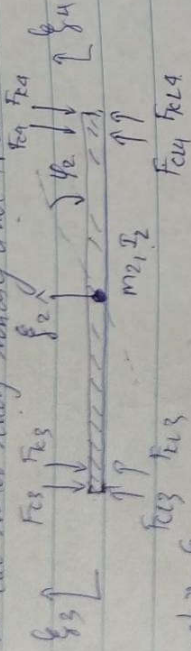
+ Theo góc quay ϕ_y :

$$\textcircled{1} -I_y \cdot \phi_y - a (F_{c1} + F_{k1} + F_{c2} + F_{k2}) + b (F_{c3} + F_{k3} + F_{c4} + F_{k4}) = 0 \quad \textcircled{3}$$

+ Vẽ! các khối lượng không tính treo ở cầu trượt.

$$\begin{aligned} & \ddot{\varphi}_{M12} - m_{14} \cdot \ddot{\varphi}_{M1} - (F_{C14} + F_{K14}) + (F_{CL14} + F_{KL14}) = 0 \\ & -m_{12} \cdot \ddot{\varphi}_{12} - (F_{C12} + F_{K12}) + (F_{CL12} + F_{KL12}) = 0 \\ & -m_{12} \cdot \ddot{\varphi}_{12} - (F_{C12} + F_{K12}) - (F_{L2} + F_{L2}) + (F_{CL2} + F_{KL2}) = 0 \end{aligned}$$

+ Với các lực học lượng không được treo ở cuối sau.



Theo phương φ_2 :

$$-m_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 - (F_{C3} + F_{K3} + F_{C4} + F_{K4}) + (F_{CL3} + F_{KL3} + F_{CL4} + F_{KL4}) = 0$$

Theo góc quay φ_2 :

$$-\dot{z}_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 + \frac{W}{2} (F_{CL3} + F_{KL3} + F_{C4} + F_{K4}) - \frac{W}{2} (F_{CL4} + F_{KL4} + F_{C14} + F_{K14})$$

Các phương trình vi phân ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦ mô tả động lực học theo phương thẳng đứng của xe.

x Xác định các lực hệ thống treo.

- Các chuyển vị thẳng đứng được biết điều qua hệ tọa độ suy rộng:

$$z_1 = z - a \cdot \varphi_y - \frac{W}{2} \cdot \varphi_x$$

$$z_2 = z - a \cdot \varphi_y + \frac{W}{2} \cdot \varphi_x$$

$$z_3 = z + b \cdot \varphi_y + \frac{W}{2} \cdot \varphi_x$$

$$z_4 = z + b \cdot \varphi_y - \frac{W}{2} \cdot \varphi_x$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 + \frac{W}{2} \cdot \varphi_2$$

$$\varphi_4 = \varphi_2 - \frac{W}{2} \cdot \varphi_2$$

- Các lực:

$$F_{C1} = C_1 (\dot{\varphi}_{11} - \dot{z}_1)$$

$$F_{C2} = C_2 (\dot{\varphi}_{12} - \dot{z}_2)$$

$$F_{K1} = k_1 (\dot{\varphi}_{11} - \dot{z}_1)$$

$$F_{K2} = k_2 (\dot{\varphi}_{12} - \dot{z}_2)$$

$F_{C3}, F_{C4}, F_{K3}, F_{K4}$?

* Xác định phần dư lặp.

- Phương thức bán xe:

$$F_{L1} + F_{L1} = C_{L1} (h_1 - f_{11}) + k_{L1} (h_{11} - f_{11})$$

$$F_{L2} + F_{L2} = C_{L2} (h_2 - f_{12}) + k_{L2} (h_2 - f_{12})$$

$$F_{L3} + F_{L3} = C_{L3} (h_3 - f_{13}) + k_{L3} (h_3 - f_{13})$$

$$F_{L4} + F_{L4} = C_{L4} (h_4 - f_{14}) + k_{L4} (h_4 - f_{14})$$

- Tác bán xe.

$$F_{L11} + F_{L11} = \left[C_{L11} (h_{11} - f_{11}) + k_{L11} (h_{11} - f_{11}) \right. \\ \left. k_{hi} h_{11} - (f_{11} - f_{11}) \right] \geq 0$$

$$- F_{G11} k_{hi} h_{11} - (f_{11} - f_{11}) < 0$$

$$F_{L12} + F_{L12} = \left[C_{L12} (h_{12} - f_{12}) + k_{L12} (h_{12} - f_{12}) \right. \\ \left. k_{hi} h_{12} - (f_{12} - f_{12}) \right] \geq 0$$

$$- F_{G12} k_{hi} h_{12} - (f_{12} - f_{12}) < 0$$

$$F_{L1i} + F_{L1i} = \left[C_{L1i} (h_i - f_{1i}) + k_{L1i} (h_i - f_{1i}) \right. \\ \left. k_{hi} h_i - (f_{1i} - f_{1i}) \right] \geq 0$$

$$- F_{G1i} k_{hi} h_i - (f_{1i} - f_{1i}) < 0$$

(i = 1, 4)

Trong đó: $f_{ti} = \frac{F_{Gi}}{C_{Li}}$ (i = 1, 4).

$$L = a + b$$

$$F_{G1} = g \left(m_{11} + \frac{m_a \cdot b}{2L} \right)$$

$$F_{G2} = g \left(m_{12} + \frac{m_a \cdot b}{2L} \right)$$

$$F_{G3} = F_{G4} = g \left(\frac{m_2}{2} + \frac{m_a \cdot a}{2L} \right)$$