



# SỨC BỀN VẬT LIỆU

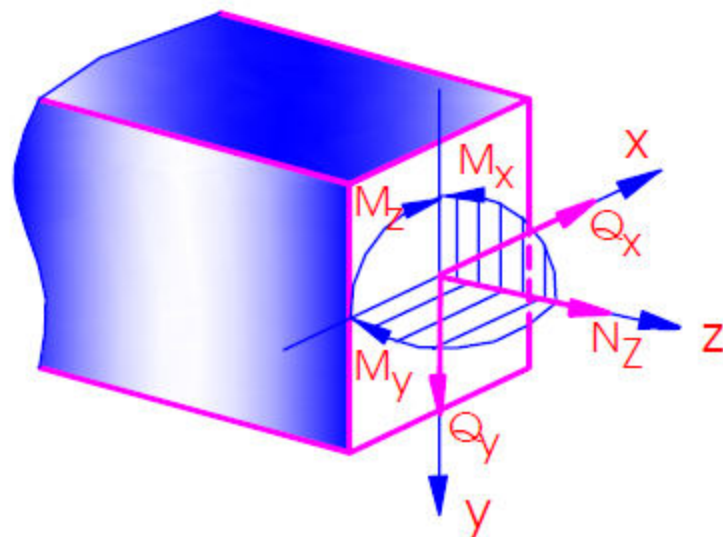


**GV: ThS. TRƯƠNG QUANG TRƯỜNG**  
**KHOA CƠ KHÍ – CÔNG NGHỆ**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP.HCM**



## Chương 7

# THANH CHỊU LỰC PHỨC TẠP



# NỘI DUNG



- 1. Khái niệm chung**
- 2. Uốn xiên**
- 3. Uốn và kéo (nén) đồng thời**
- 4. Uốn và xoắn đồng thời**
- 5. Trường hợp chịu lực tổng quát**

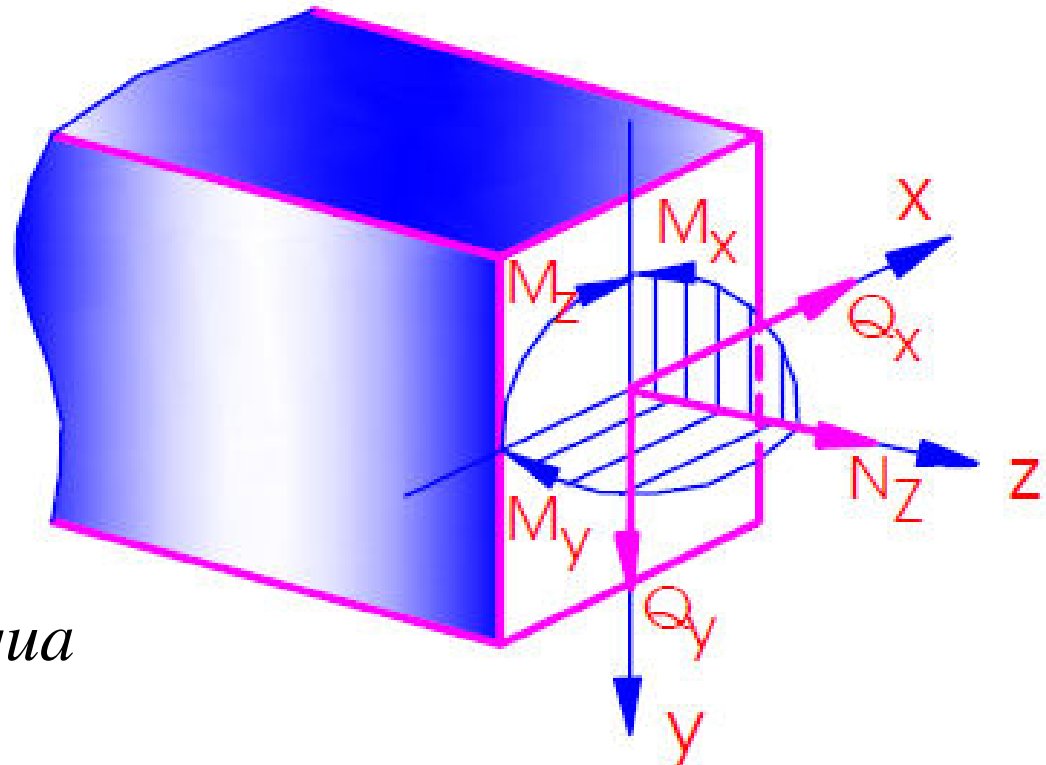


# 1. KHÁI NIỆM CHUNG

## 1. Các trường hợp chịu lực:

Trong trường hợp tổng quát, trên MCN của thanh có 6 nội lực:

- Lực dọc:  $N_z$
- Lực cắt:  $Q_x, Q_y$
- Momen uốn:  $M_x, M_y$
- Momen xoắn:  $M_z$



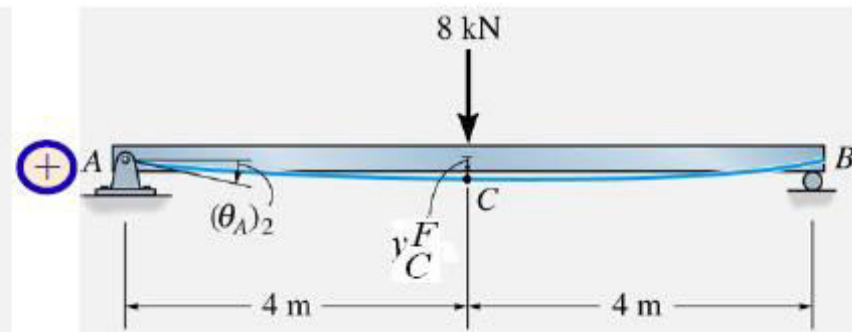
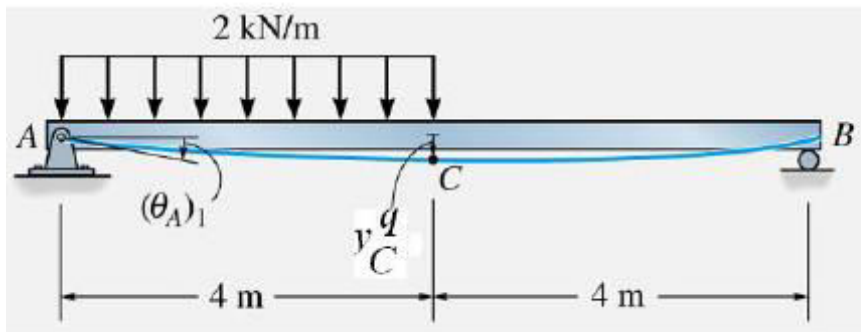
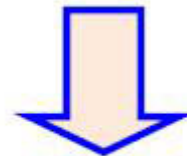
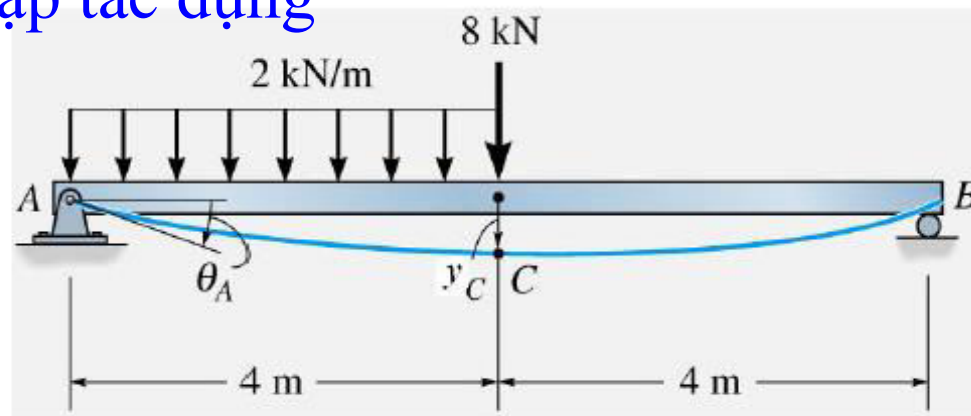
*Trong thực tế:  $Q_x$  và  $Q_y$  bỏ qua*



# 1. KHÁI NIỆM CHUNG

## 2. Phương pháp tính:

- ✓ Phương pháp cộng tác dụng
- ✓ Nguyên lý độc lập tác dụng





# 1. KHÁI NIỆM CHUNG

## 2. Phương pháp tính:

**Kéo (nén) đúng tâm:**

$N_z$  →

$$\sigma_z = \frac{N_z}{F}$$

**Xoắn thuần túy:**

$M_z$  →

$$\tau = \frac{M_z}{J_p} \cdot \rho$$

**Uốn:**

$M_x$  →

$$\sigma_z = \frac{M_x}{J_x} \cdot y$$

$M_y$  →

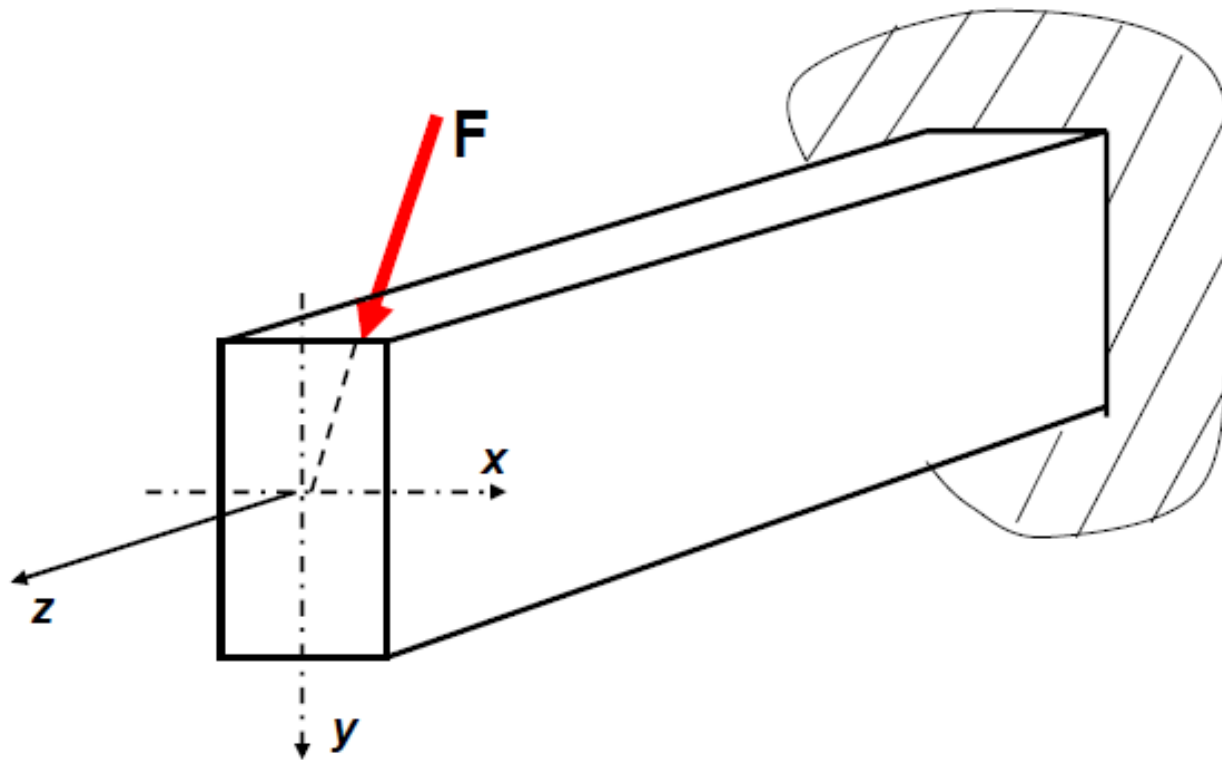
$$\sigma_z = \frac{M_y}{J_y} \cdot x$$



## 2. UỐN XIÊN

### 1. Khái niệm:

Nội lực  $M_x$  &  $M_y \Rightarrow$  uốn xiên



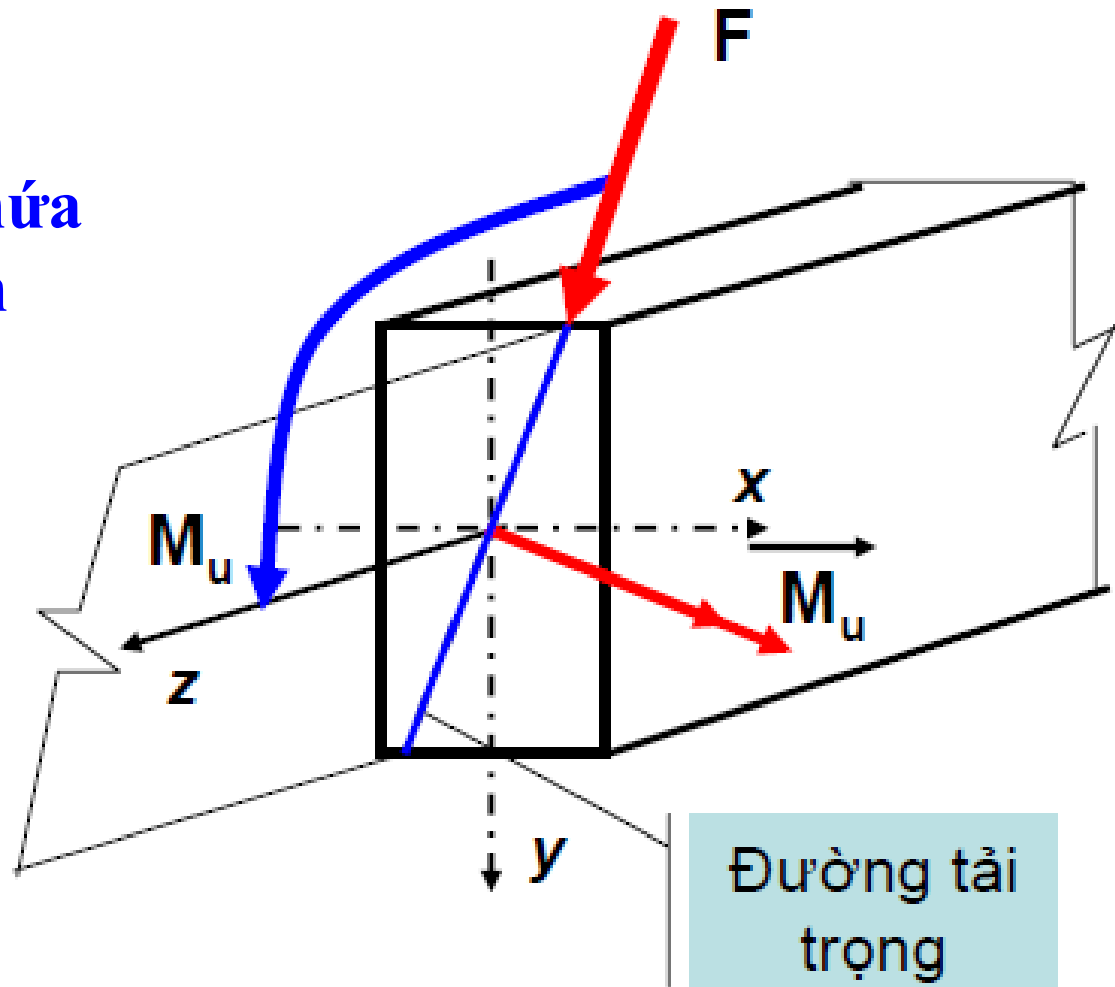


## 2. UỐN XIÊN

### 1. Khái niệm:

Mp tải trọng: là mp chứa tải trọng và trục thanh

Đường tải trọng: giao tuyến mp tải trọng và MCN





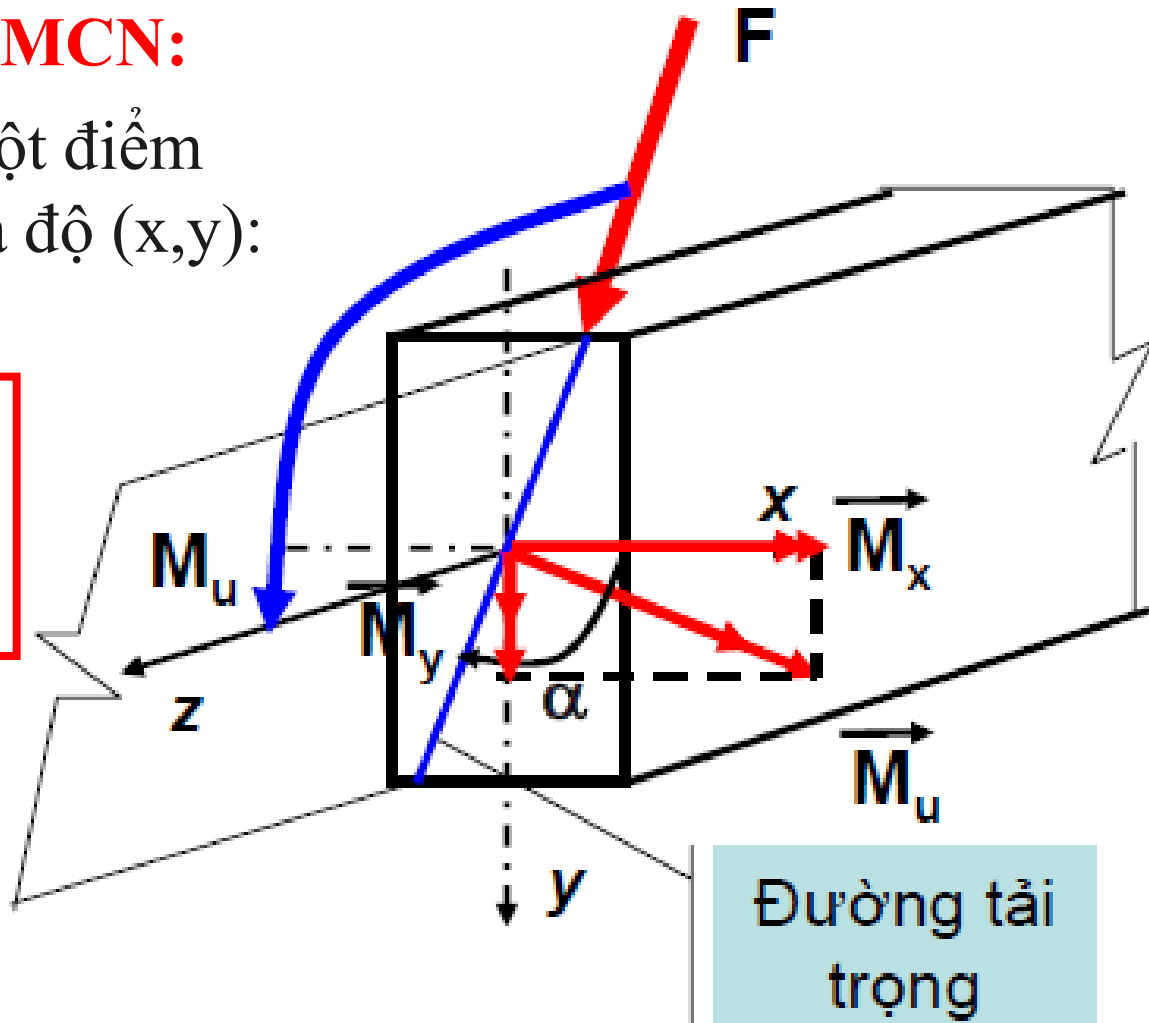


## 2. UỖN XIÊN

### 2. Ứng suất pháp trên MCN:

Ứng suất pháp  $\sigma_z$  tại một điểm bất kỳ trên MCN có tọa độ  $(x,y)$ :

$$\sigma = \frac{M_x}{J_x} \cdot y + \frac{M_y}{J_y} \cdot x$$





## 2. UỐN XIÊN

### 3. Đường trung hòa và biểu đồ ứng suất:

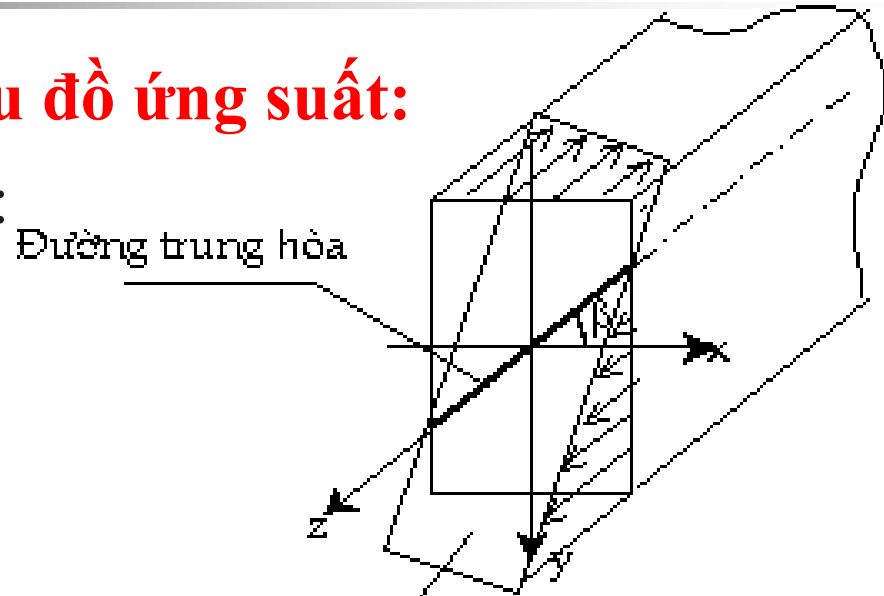
Phương trình đường trung hòa:

$$\sigma = \frac{M_x}{J_x} \cdot y + \frac{M_y}{J_y} \cdot x = 0$$

$$\Rightarrow y = -\frac{M_y}{M_x} \frac{J_x}{J_y} x$$

Hệ số góc:

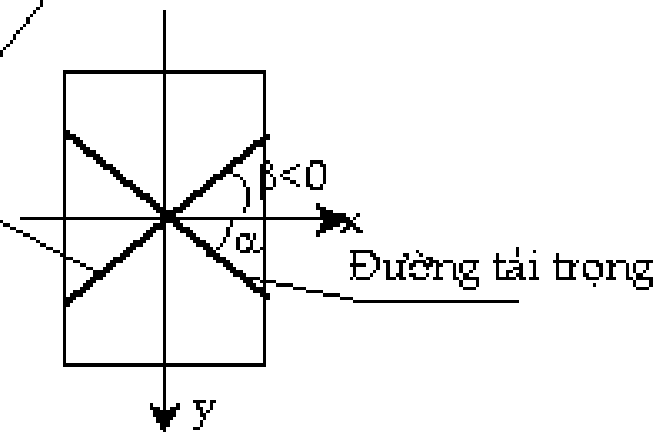
$$\operatorname{tg} \beta = -\frac{M_y}{M_x} \frac{J_x}{J_y}$$



Đường trung hòa

Mặt phẳng ứng suất

Đường trung hòa



Đường tải trọng

**$\beta > 0$  : chiều kim đồng hồ**

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

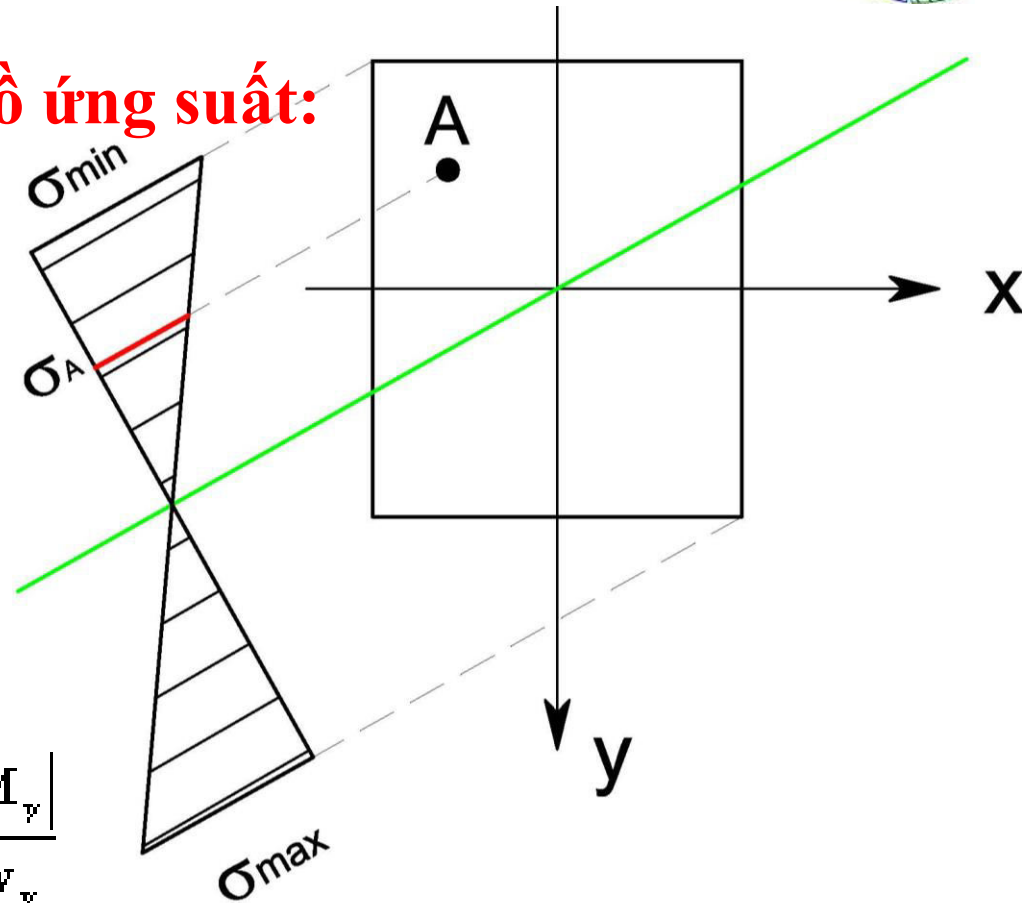
Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



## 2. UỐN XIÊN

### 3. Đường trung hòa và biểu đồ ứng suất:

Biểu đồ ứng suất:



$$\sigma_{\max} = \frac{|M_x|}{J_x} |y_{\max}| + \frac{|M_y|}{J_y} |x_{\max}| = \frac{|M_x|}{w_x} + \frac{|M_y|}{w_y}$$

$$\sigma_{\min} = -\frac{|M_x|}{J_x} |y_{\max}| - \frac{|M_y|}{J_y} |x_{\max}| = -\frac{|M_x|}{w_x} - \frac{|M_y|}{w_y}$$



## 2. UỐN XIÊN

### 4. Điều kiện bền:

Trên mặt cắt nguy hiểm của thanh (  $|M_x|, |M_y|$  cùng lớn), điều kiện bền có dạng:

Vật liệu dòn:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{z \max} \leq [\sigma]_k \\ |\sigma_{z \min}| \leq [\sigma]_n \end{array} \right\}$$

Vật liệu dẻo

$$\max \{ \sigma_{z \max}, |\sigma_{z \min}| \} \leq [\sigma]$$

Với vật liệu dẻo, mặt cắt ngang chữ nhật điều kiện bền có dạng:

$$\frac{|M_x|}{W_x} + \frac{|M_y|}{W_y} \leq [\sigma] \quad \Rightarrow \text{Ba bài toán cơ bản}$$



## 2. UỐN XIÊN

### 4. Điều kiện bền:

#### Ba bài toán cơ bản:

*Bài toán kiểm tra bền:* Biết tải trọng, kích thước MCN và vật liệu, kiểm tra điều kiện bền có thỏa mãn hay không?

*Bài toán xác định tải trọng cho phép:* tùy theo bài toán cụ thể, tải trọng cho phép được tính từ điều kiện bền



## 2. UỐN XIÊN

### 4. Điều kiện bền:

#### Ba bài toán cơ bản:

*Bài toán xác định kích thước mặt cắt ngang:* vì có hai ẩn  $W_x$ ,  $W_y$  nên ta giải theo phương pháp đúng dần. Điều kiện bền có thể viết dưới dạng:

$$\frac{1}{W_x} \left( |M_x| + \frac{W_x}{W_y} |M_y| \right) \leq [\sigma]$$

Chọn trước tỉ số  $W_x/W_y$  theo kinh nghiệm, sau đó tính  $W_x$ .

**MCN hình chữ nhật:**  $\frac{W_x}{W_y} = \frac{h}{b}$

**MCN chữ [ :**

$$\frac{W_x}{W_y} = 6 \div 8$$

**MCN chữ I:**  $\frac{W_x}{W_y} = 8 \div 10$

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM

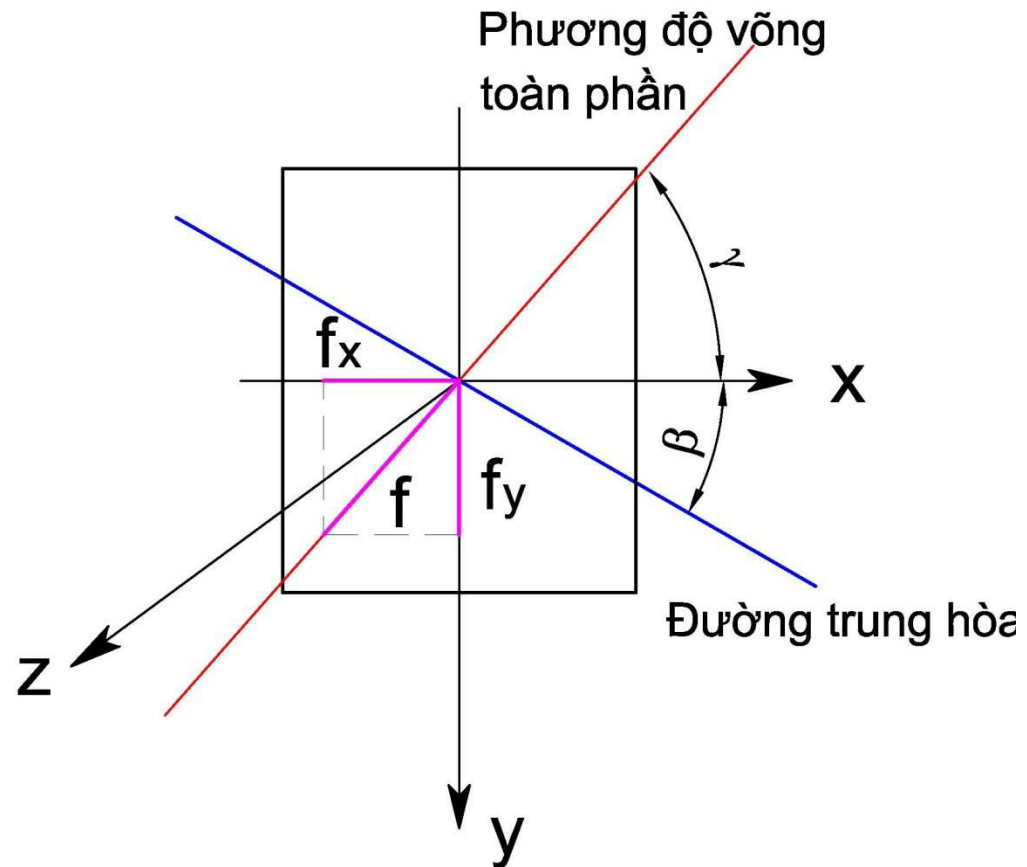


## 2. UỐN XIÊN

### 5. Chuyển vị của dầm bị uốn xiên:

Gọi  $f_x$  và  $f_y$  là độ võng tại MCN bất kỳ do riêng  $M_x$  và  $M_y$  gây nên. Độ võng toàn phần:

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$





## 2. UỐN XIÊN

**VÍ DỤ:**

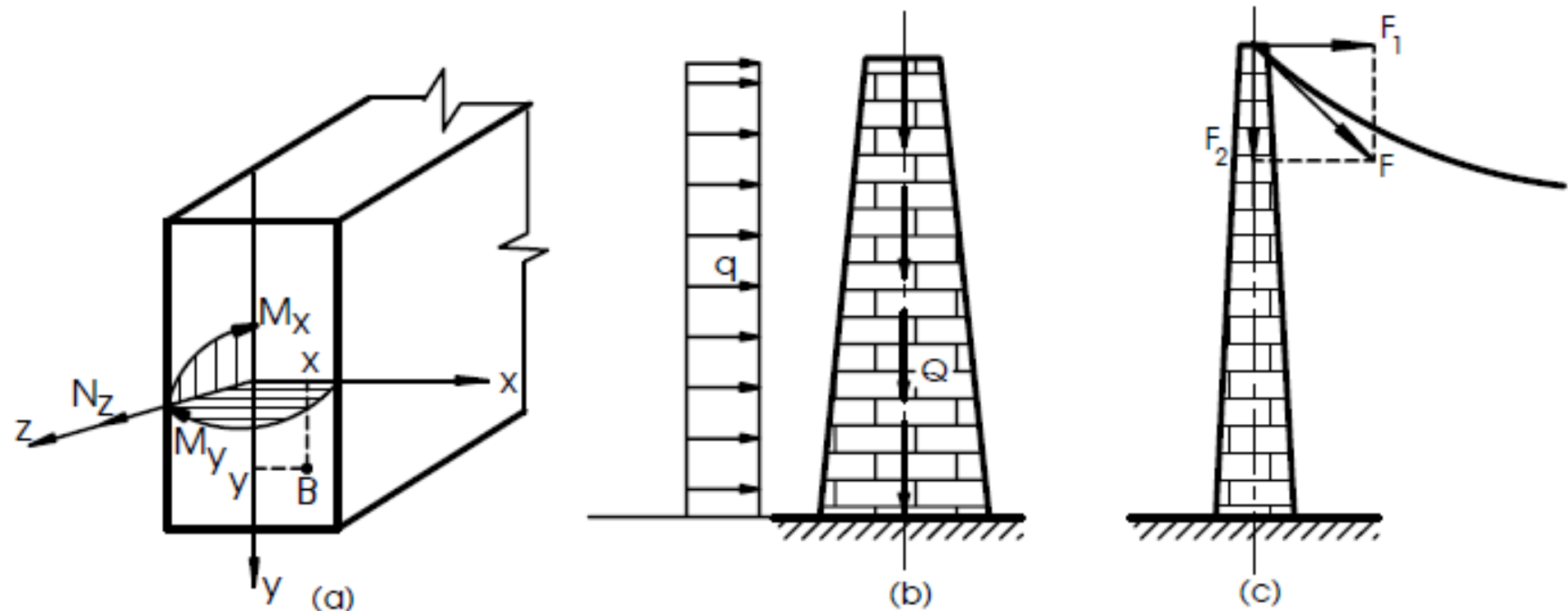




# 3. UỖN VÀ KÉO (NÉN) ĐỒNG THỜI

## 1. Khái niệm chung:

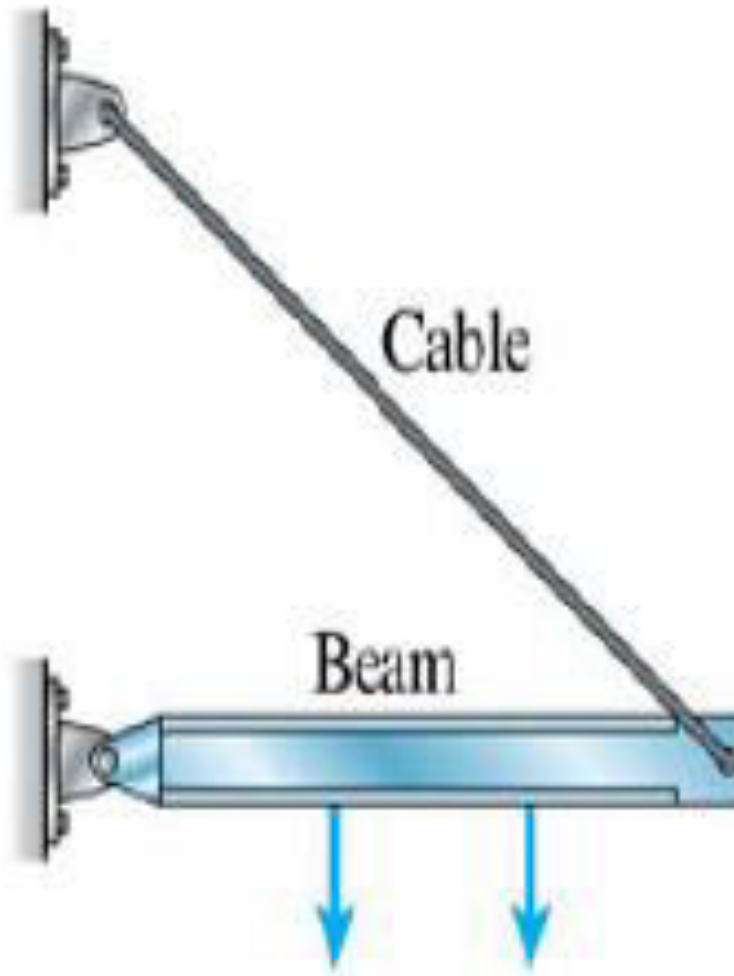
Một thanh chịu uốn + kéo (nén) đồng thời khi trên mọi MCN của thanh tồn tại các nội lực  $M_x$ ,  $M_y$  và  $N_z$



# 3. UỐN VÀ KÉO (NÉN) ĐỒNG THỜI



## 1. Khái niệm chung:

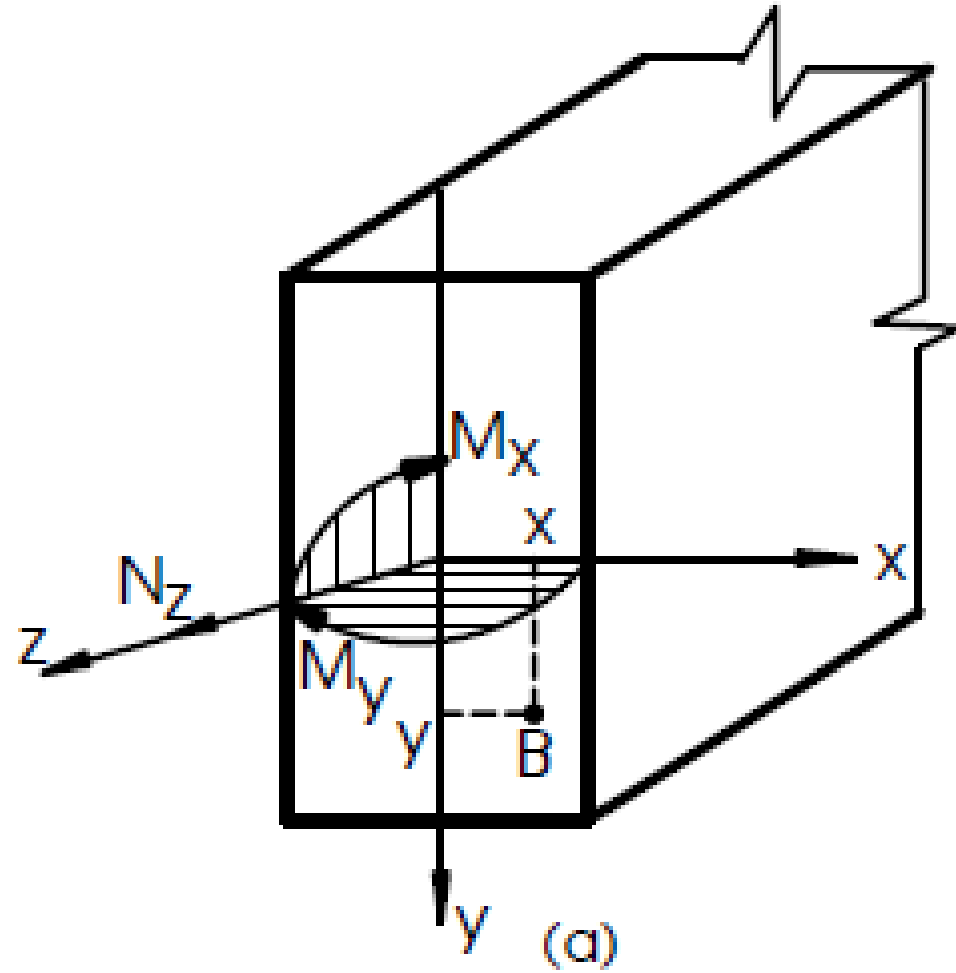


# 3. UỖN VÀ KÉO (NÉN) ĐỒNG THỜI



## 2. Ứng suất pháp:

$$\sigma_z = \frac{N_z}{F} + \frac{M_x}{J_x} \cdot y + \frac{M_y}{J_y} \cdot x$$



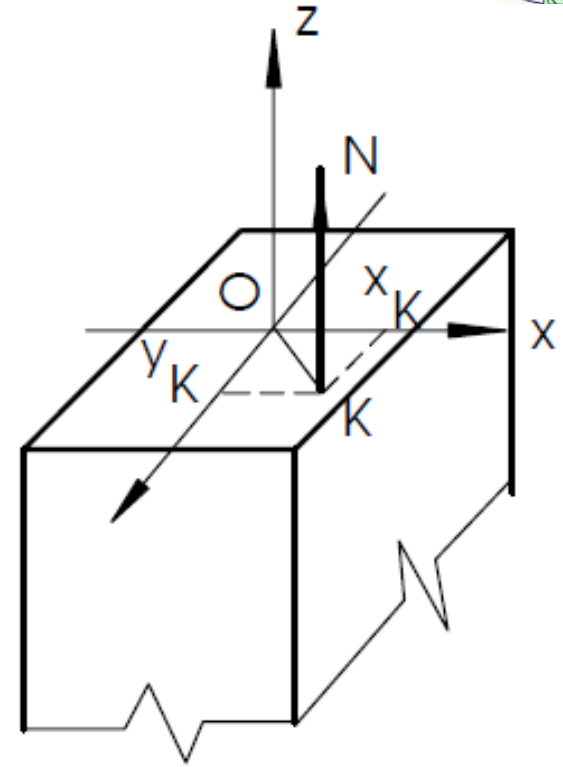


# 3. UỖN VÀ KÉO (NÉN) ĐỒNG THỜI

## 3. Kéo (nén) lệch tâm:

Gọi  $K(x_K, y_K)$  là điểm đặt lực, ta có:

$$\begin{cases} N_z = N \\ M_x = N \cdot y_K \\ M_y = N \cdot x_K \end{cases}$$



Ứng suất pháp trên MCN:

$$\sigma_z = \frac{N}{F} + \frac{N \cdot y_K}{J_x} \cdot y + \frac{N \cdot x_K}{J_y} \cdot x$$



$$\sigma_z = \frac{N}{F} \left( 1 + \frac{y_K \cdot y}{J_x / F} + \frac{x_K \cdot x}{J_y / F} \right)$$

# 3. UỖN VÀ KÉO (NÉN) ĐỒNG THỜI



## 4. Đường trung hòa:

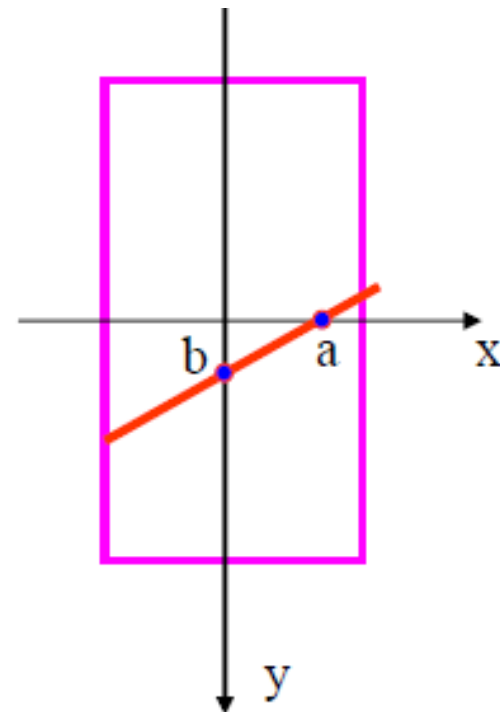
Phương trình đường trung hòa:

❖ *Uõn + kéo (nén):*

$$\frac{N_z}{F} + \frac{M_x}{J_x} \cdot y + \frac{M_y}{J_y} \cdot x = 0 \quad \Rightarrow \quad ax + by + c = 0$$

❖ *Kéo (nén) lệch tâm:*

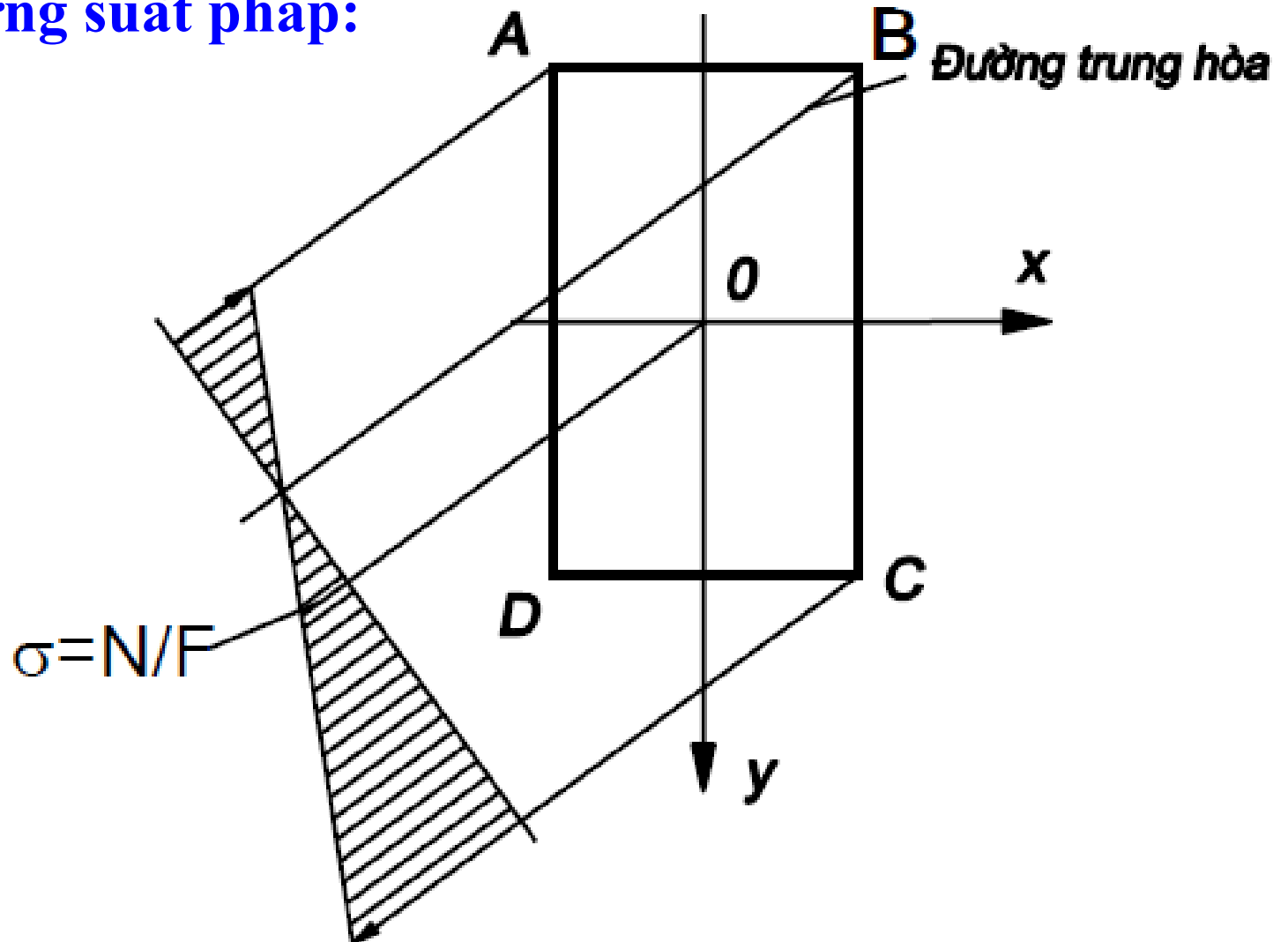
$$1 + \frac{y_K \cdot y}{J_x / F} + \frac{x_K \cdot x}{J_y / F} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$$



# 3. UỖN VÀ KÉO (NÉN) ĐỒNG THỜI



Biểu đồ ứng suất pháp:



### 3. UỖN VÀ KÉO (NÉN) ĐỒNG THỜI



#### 5. Điều kiện bền:

Vật liệu giòn:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{z \max} \leq [\sigma]_k \\ |\sigma_{z \min}| \leq [\sigma]_n \end{array} \right\}$$

Vật liệu dẻo

$$\max \left\{ \sigma_{z \max}, |\sigma_{z \min}| \right\} \leq [\sigma]$$

# 3. UỖN VÀ KÉO (NÉN) ĐỒNG THỜI



**VÍ DỤ:**

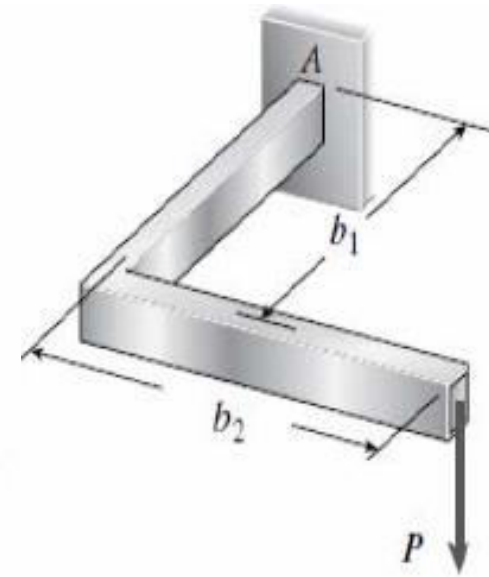
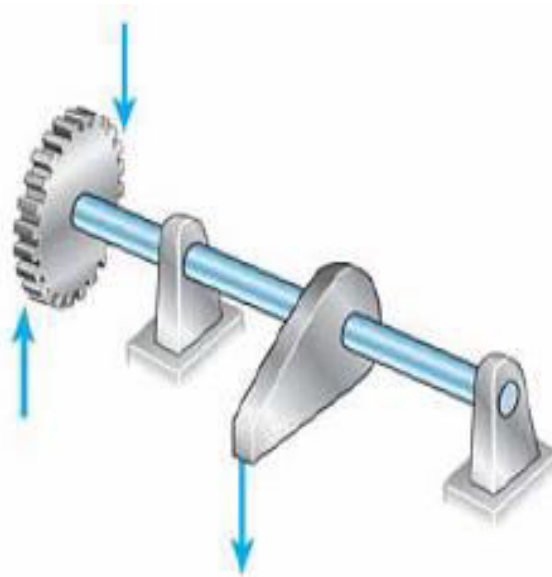
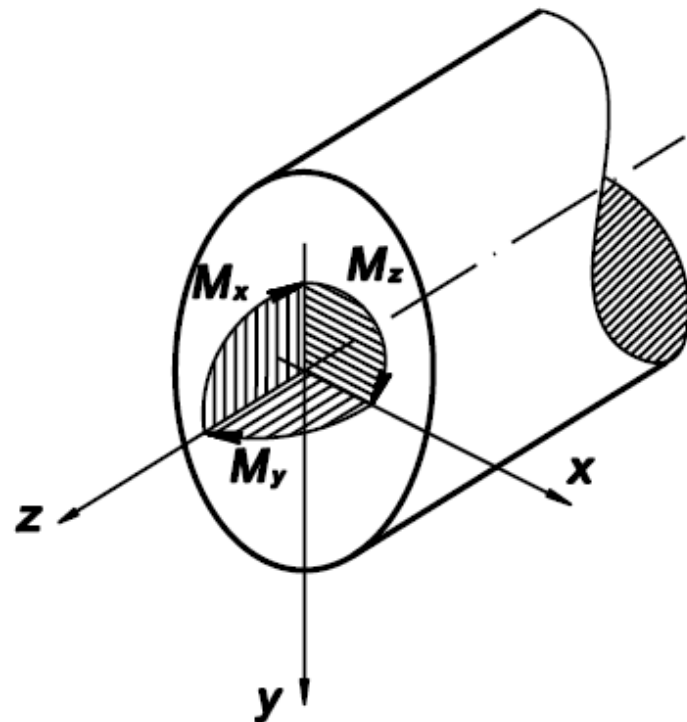




# 4. UỐN VÀ XOẮN ĐỒNG THỜI

## 1. Khái niệm:

Thanh chịu uốn và xoắn đồng thời là thanh chịu lực sao cho trên mọi mặt cắt ngang của thanh chỉ có các thành phần nội lực là mômen uốn  $M_x$ ,  $M_y$  và momen xoắn  $M_z$



# 4. UỖN VÀ XOẪN ĐỒNG THỜI

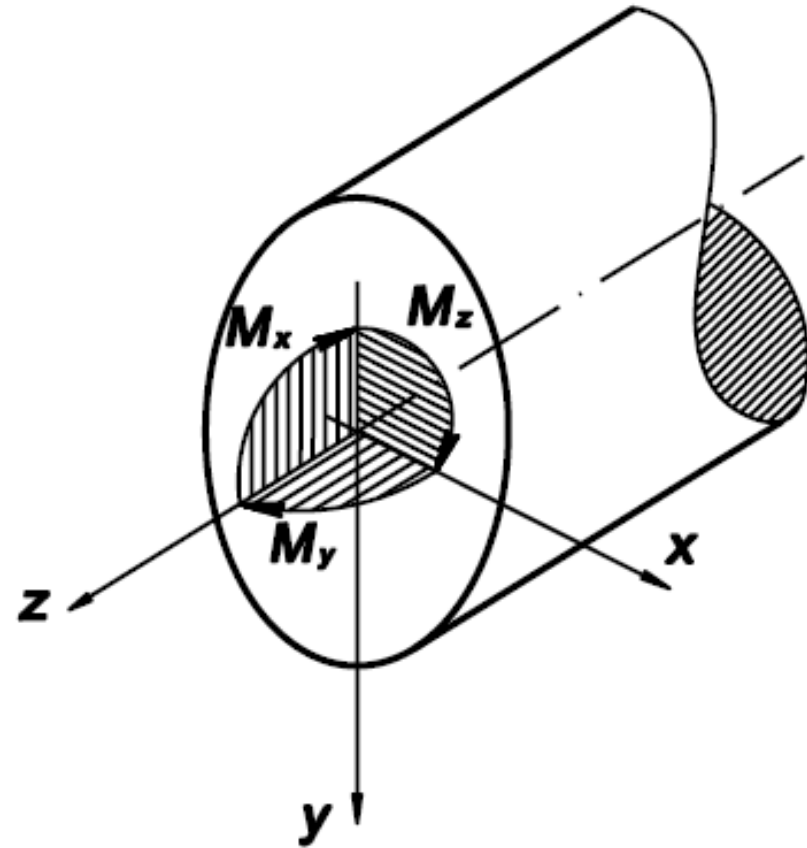


## 2. UỖN VÀ XOẪN MCN tròn:

Ứng suất:

$$\sigma_{max} = |\sigma_{min}| = \frac{M_x}{W_x}$$

$$\tau_{max} = \frac{M_z}{W_p} = \frac{M_z}{2W_x}$$



# 4. UỐN VÀ XOẪN ĐỒNG THỜI



## 2. Uốn và xoắn MCN tròn:

Điều kiện bền:

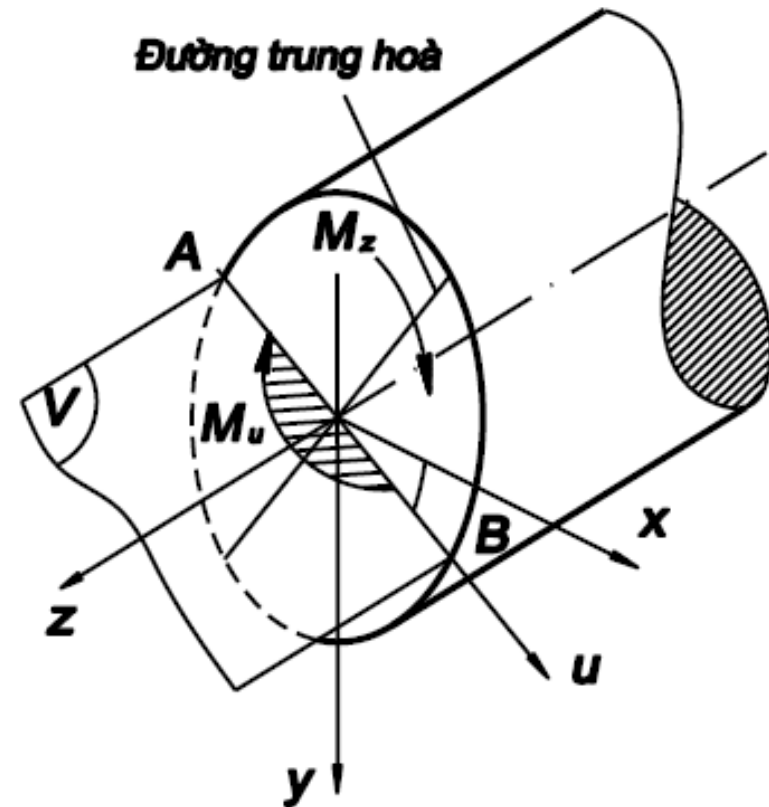
$$\sigma_{td} \leq [\sigma]$$

**TB 3:**

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \frac{1}{W_x} \sqrt{M_x^2 + M_z^2}$$

**TB 4:**

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \frac{1}{W_x} \sqrt{M_x^2 + \frac{3}{4}M_z^2}$$



# 4. UỐN VÀ XOẮN ĐỒNG THỜI



## 2. Uốn và xoắn MCN tròn:

**VÍ DỤ:**



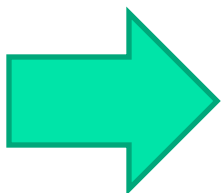
# 4. UỐN VÀ XOẮN ĐỒNG THỜI

## 3. Uốn và xoắn MCN hình chữ nhật:

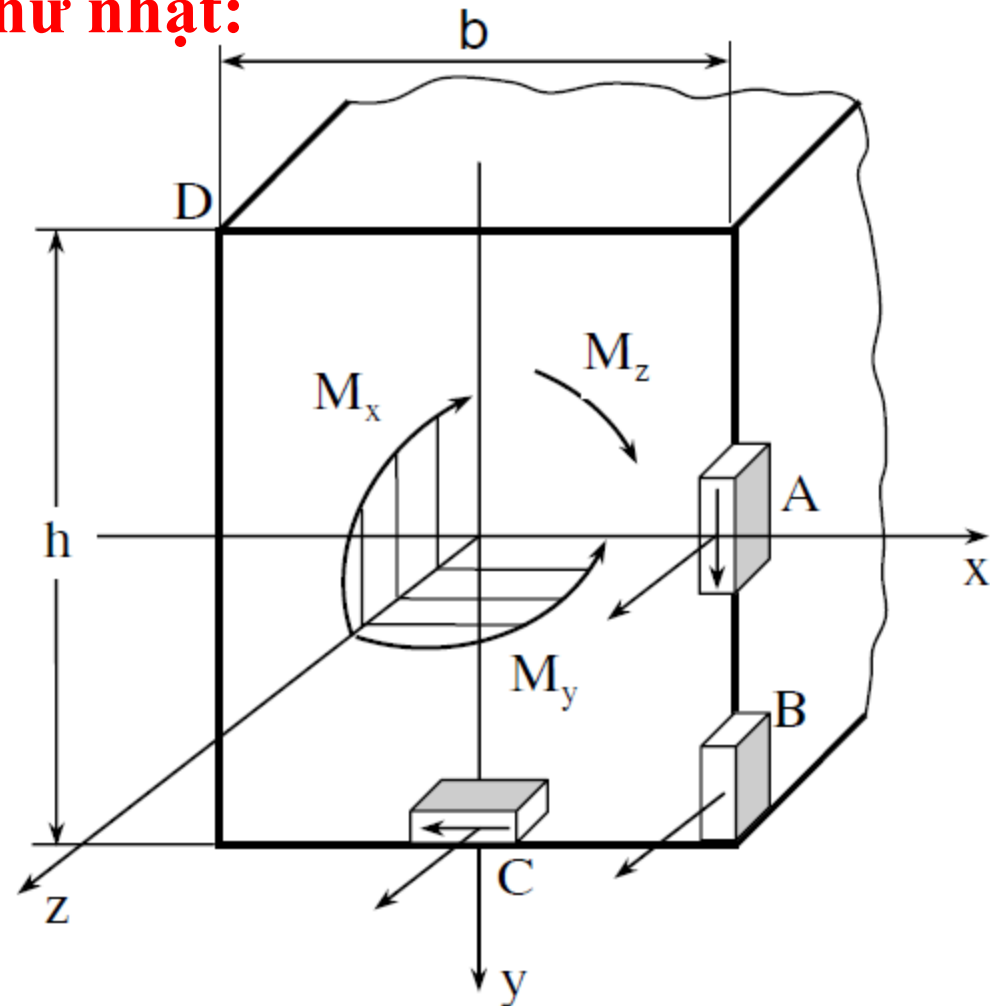
Điểm A:

$$\sigma_z = \frac{|M_y|}{W_y}$$

$$\tau_{max} = \frac{M_z}{W_{xoan}} = \frac{M_z}{\alpha hb^2}$$



$$\sigma_{td} \leq [\sigma]$$



Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM

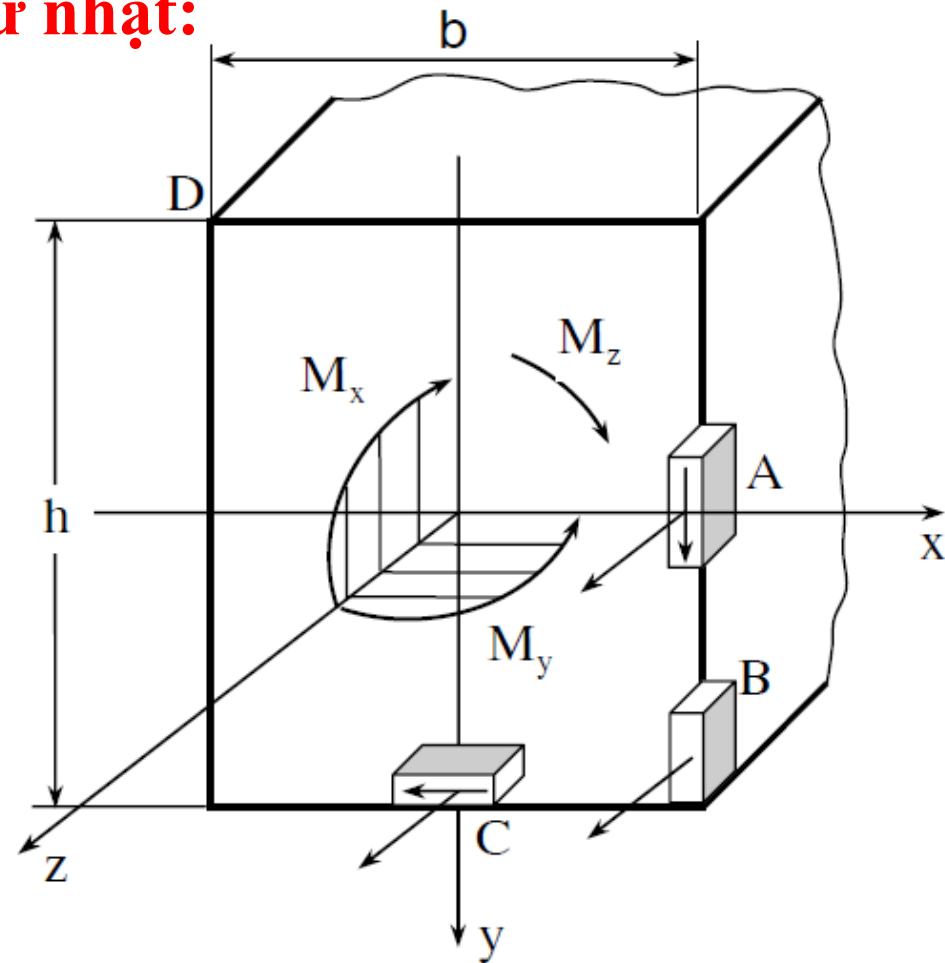


# 4. UỐN VÀ XOẮN ĐỒNG THỜI

## 3. UỐN VÀ XOẮN MCN hình chữ nhật:

Điểm B:

$$\sigma_{max} = \frac{|M_x|}{W_x} + \frac{|M_y|}{W_y} \leq [\sigma]$$





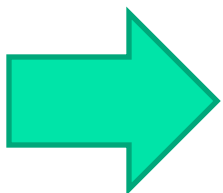
# 4. UỐN VÀ XOẪN ĐỒNG THỜI

## 3. UỐN VÀ XOẪN MCN hình chữ nhật:

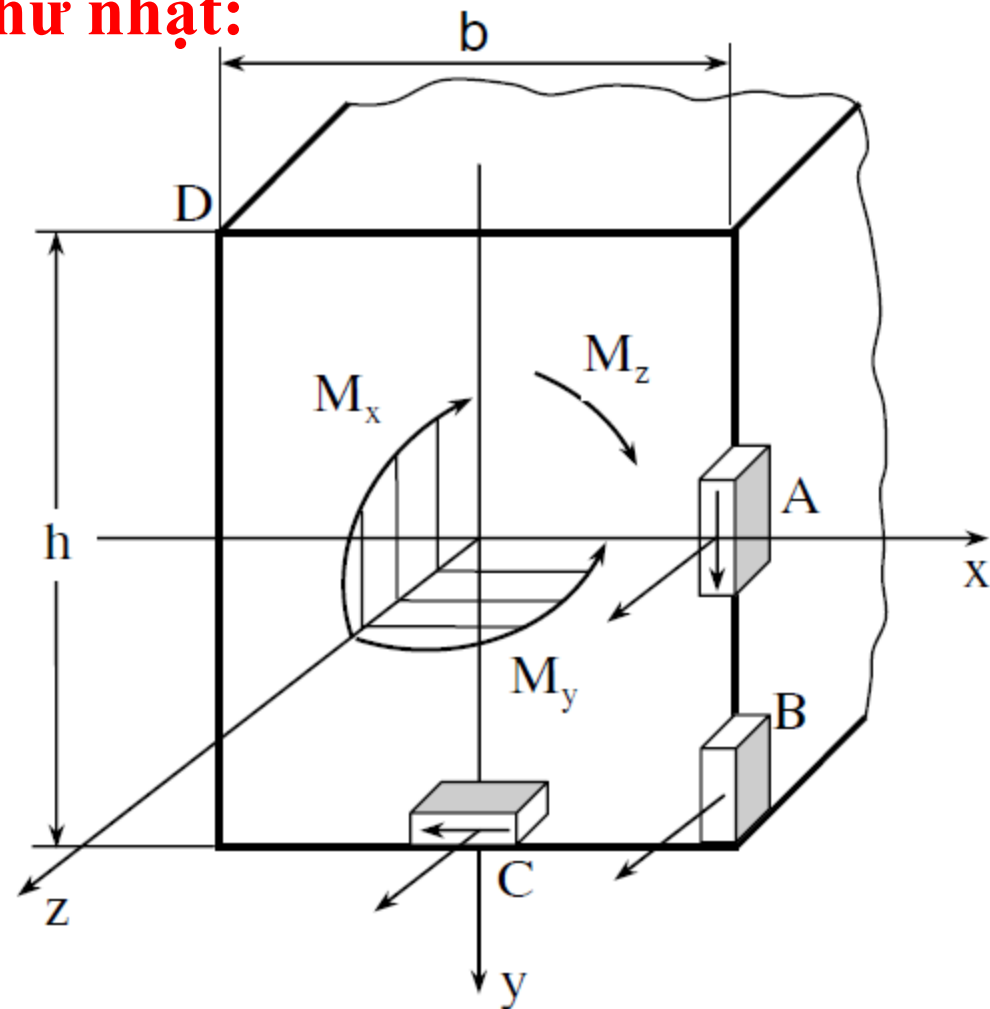
Điểm C:

$$\sigma_z = \frac{|M_y|}{W_y}$$

$$\tau_1 = \gamma \cdot \tau_{max} = \gamma \cdot \frac{M_z}{\alpha h b^2}$$



$$\sigma_{td} \leq [\sigma]$$



Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



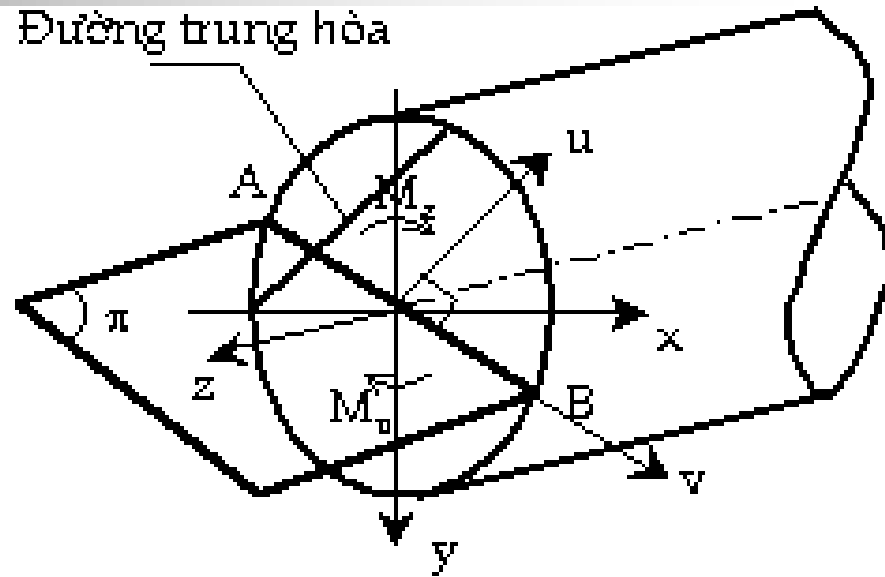
# 5. TRƯỜNG HỢP CHỊU LỰC TỔNG QUÁT

## 1. MCN hình tròn:

Đường trung hòa:

$$\sigma_z = \frac{M_u}{J_u} \cdot v + \frac{N_z}{F} = 0$$

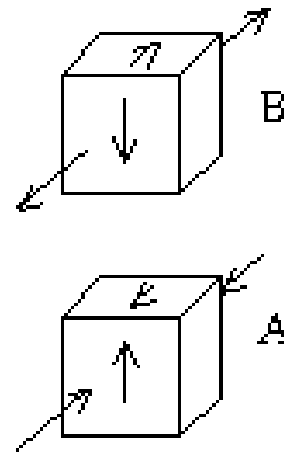
Điểm nguy hiểm: A & B



$$\sigma_A = \frac{|M_x|}{W_x} + \frac{N_z}{F}$$

$$\tau_A = \tau_B = \frac{M_z}{W_p}$$

$$\sigma_A = -\frac{|M_x|}{W_x} + \frac{N_z}{F}$$







# 5. TRƯỜNG HỢP CHỊU LỰC TỔNG QUÁT

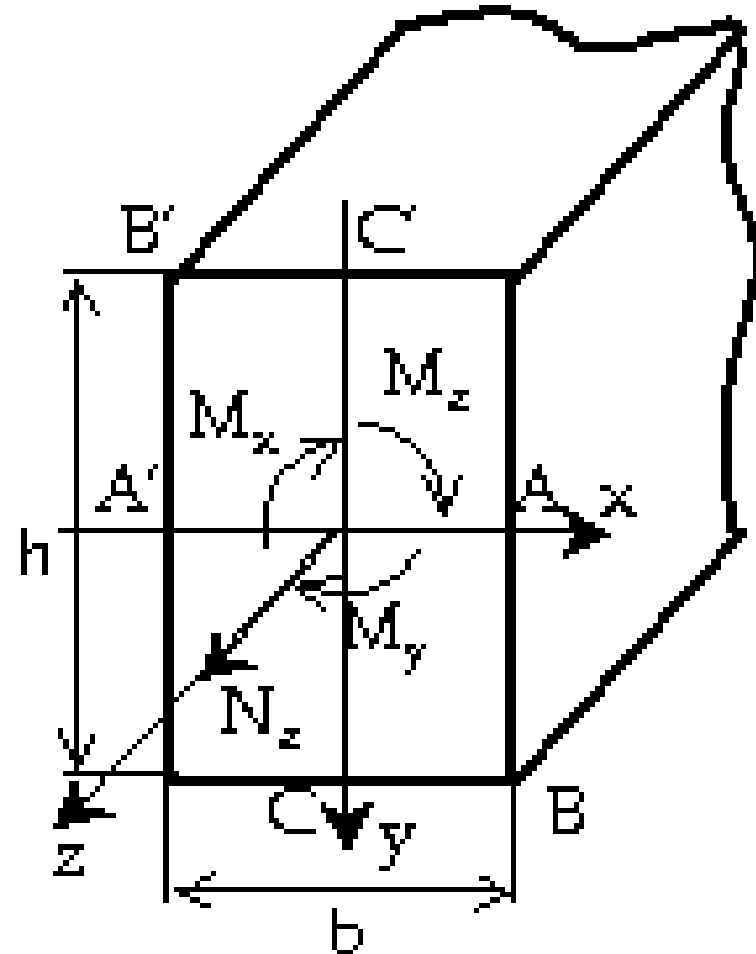
## 2. MCN hình chữ nhật:

Điểm nguy hiểm A, B, C:

$$\sigma_A = \frac{N_z}{F} + \frac{|M_y|}{W_y}; \quad \tau_A = \tau_{max} = \frac{M_z}{\alpha hb^2}$$

$$\sigma_B = \frac{N_z}{F} + \frac{|M_x|}{W_x} + \frac{|M_y|}{W_y}; \quad \tau_B = 0$$

$$\sigma_C = \frac{N_z}{F} + \frac{|M_x|}{W_x}; \quad \tau_C = \gamma \cdot \tau_{max}$$



# CÂU HỎI





***Thank you for your attention***