



# SỨC BỀN VẬT LIỆU



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

# Sức Bền Vật Liệu



## Chương 9 ỔN ĐỊNH

# NỘI DUNG



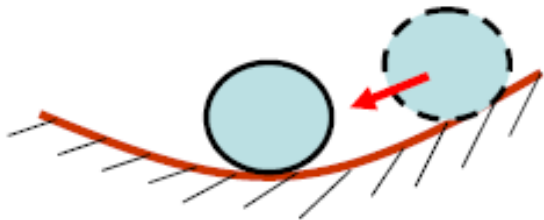
- 1. Khái niệm**
- 2. Bài toán Euler**
- 3. Ứng suất tới hạn & giới hạn áp dụng công thức Euler**
- 4. Phương pháp thực hành để tính thanh chịu nén**
- 5. Vật liệu và hình dáng mặt cắt hợp lý**



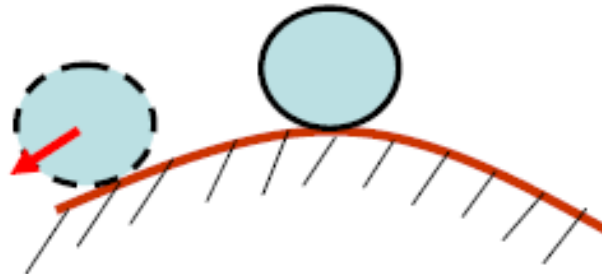
# 1. KHÁI NIỆM CHUNG

## Định nghĩa:

Ổn định là khả năng bảo toàn trạng thái cân bằng ban đầu của kết cấu



Trạng thái cân bằng  
ổn định



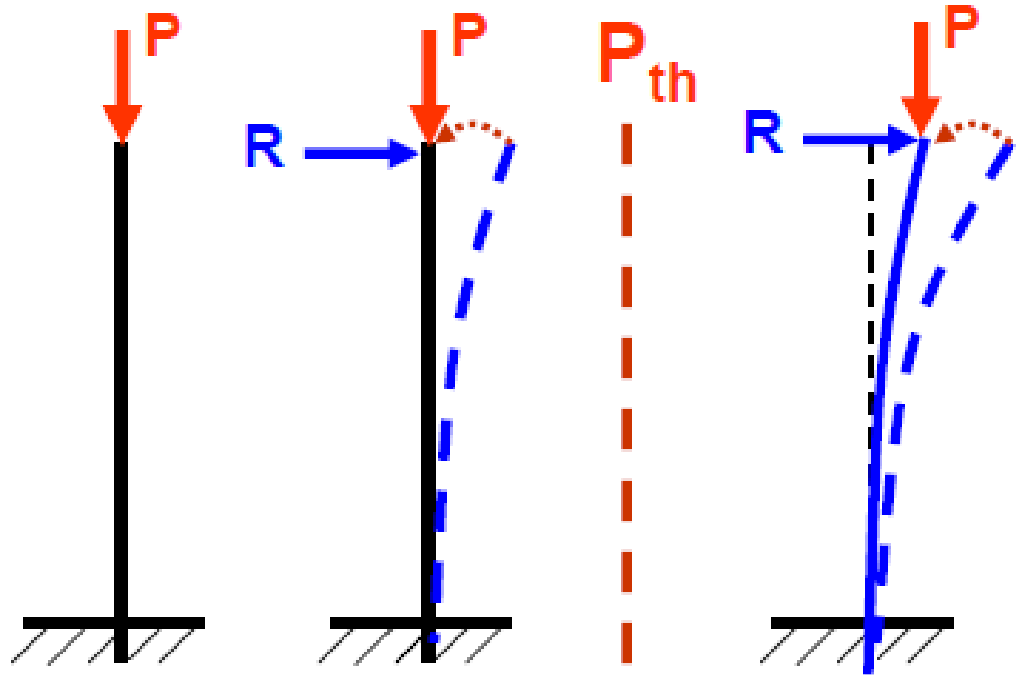
Trạng thái cân bằng  
không ổn định





# 1. KHÁI NIỆM CHUNG

Ổn định hệ đàn hồi:



$P_{th}$ : tải trọng tới hạn

Trạng thái  
cân bằng  
ổn định

Trạng thái  
c.b không  
ổn định

Trạng thái  
tới hạn

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ  
Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



# 1. KHÁI NIỆM CHUNG

## Ổn định hệ đàn hồi:

- Khi  $P > P_{th}$ : hệ mất ổn định, xuất hiện momen uốn do lực dọc gây nên
  - ⇒ Biến dạng hệ tăng nhanh
  - ⇒ Hệ bị sụp đổ

- Điều kiện ổn định:

$$P \leq \frac{P_{th}}{k_{od}}$$

$k_{od}$  – hệ số an toàn về ổn định

- Xác định  $P_{th}$  ???

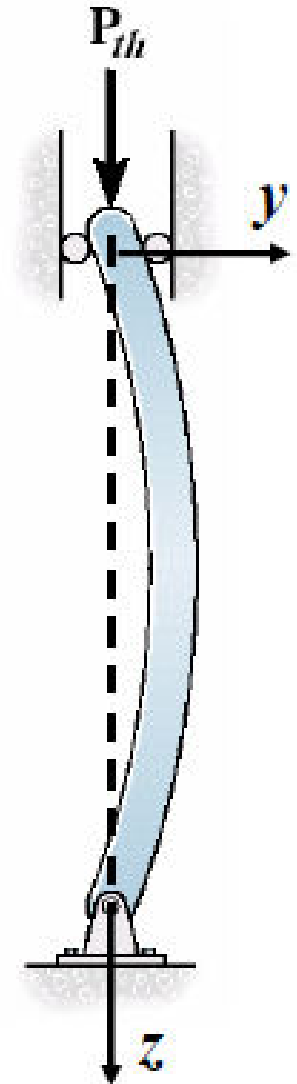


Trạng thái  
mất ổn định



## 2. BÀI TOÁN EULER

- Thanh thẳng, hai đầu liên kết khớp, chịu nén đúng tâm  
=> Xác định lực tới hạn
- Bài toán do Leonard Euler giải năm 1774



Khoa Cơ Khí – Công Nghệ  
Trường ĐH Nông Lâm TP HCM



## 2. BÀI TOÁN EULER

- Khi tải trọng  $P$  đạt tới  $P_{th} \Rightarrow$  thanh cong (mất ổn định), giả sử thanh cong trong mp  $yOz$
- Nội lực trên MCN:  $N_z$  và  $M_x$

$$M_x = P_{th} \cdot y$$

- Phương trình vi phân đường đàn hồi

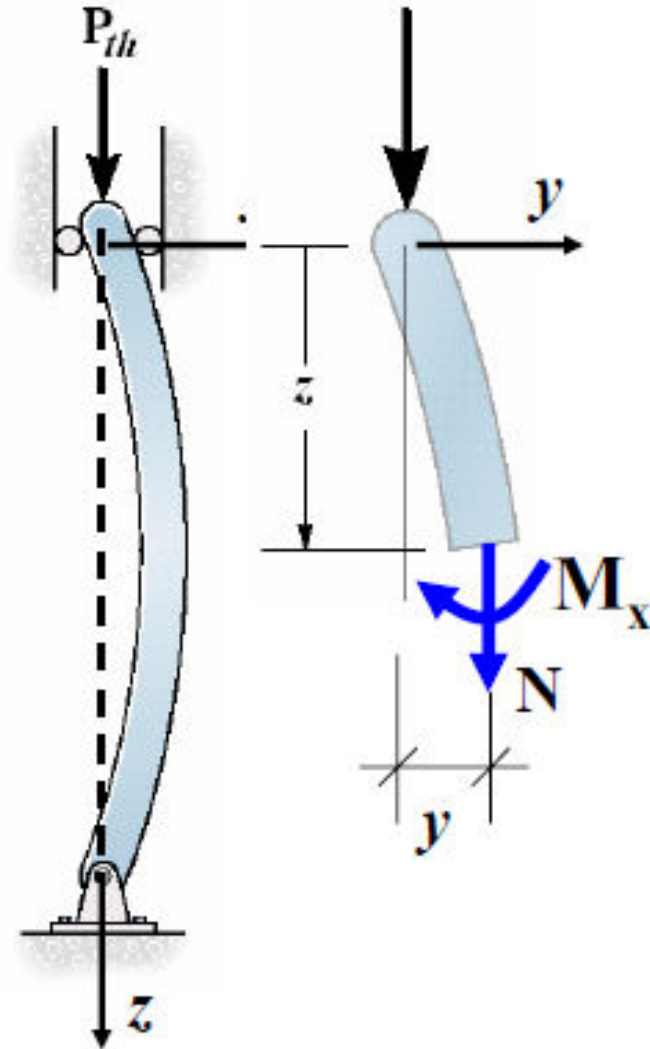
$$y'' = -\frac{M_x}{EJ_x}$$

$$y'' + \frac{P_{th}}{EJ_x} \cdot y = 0$$

$$y'' + \alpha^2 \cdot y = 0$$

Nghiệm:

$$y = C_1 \sin \alpha z + C_2 \cos \alpha z$$








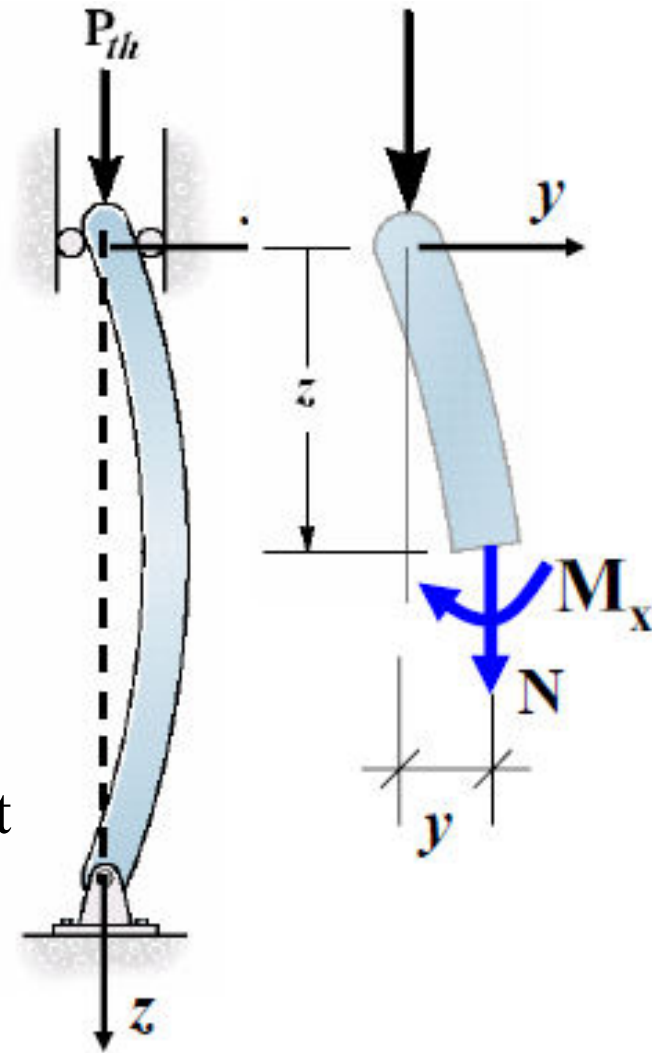
## 2. BÀI TOÁN EULER

➤ **Lực tới hạn nhỏ nhất: (Công thức Euler)**


$$P_{th} = \frac{\pi^2 EJ_{min}}{(\mu l)^2}$$

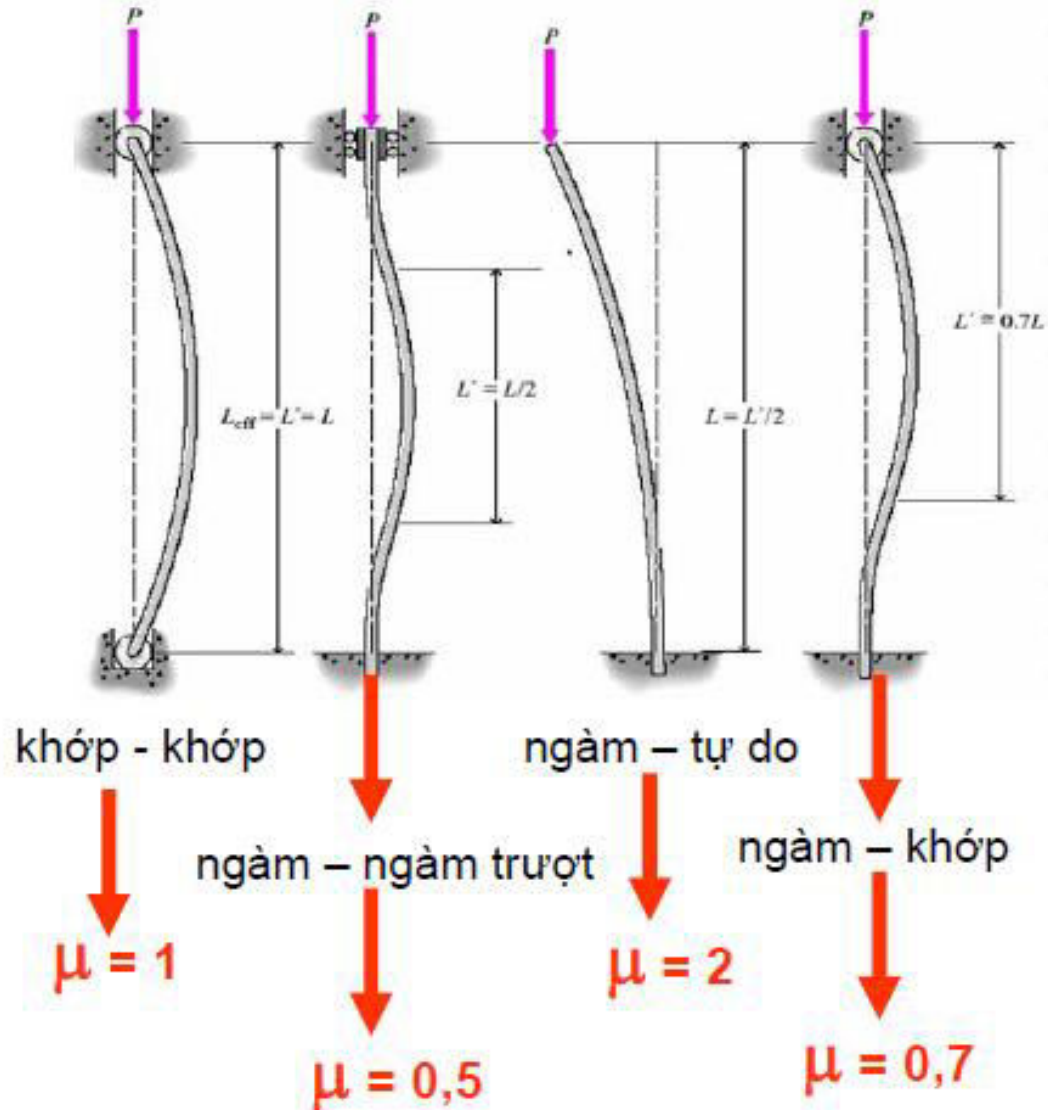
**Trong đó:**

- E – mô đun đàn hồi của vật liệu thanh
- $J_{min}$  – momen quán tính chính nhỏ nhất của MCN
- $l$  – chiều dài thanh
- $\mu$  - hệ số phụ thuộc liên kết





## 2. BÀI TOÁN EULER



# 3. Ứng suất tới hạn & giới hạn áp dụng công thức Euler



➤ Ứng suất tới hạn

$$\sigma_{th} = \frac{P_{th}}{F} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

Độ mảnh của thanh:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{min}}$$

Bán kính quán tính nhỏ nhất:

$$i_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{F}}$$

# 3. Ứng suất tới hạn & giới hạn áp dụng công thức Euler



- Khi thành lập công thức Euler - giả thiết: mất ổn định, vật liệu thanh làm việc trong miền đàn hồi. Nghĩa là:

$$\sigma_{th} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \leq \sigma_{tl} \Rightarrow \lambda \geq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{tl}}} = \lambda_0 \quad \text{- độ mảnh giới hạn}$$

=> Độ mảnh giới hạn phụ thuộc E,  $\sigma_{tl}$

Gang:  $\lambda_0=80$   
Thép CT5:  $\lambda_0=90$   
Thép CT3:  $\lambda_0=100$

- Giới hạn áp dụng công thức Euler:  $\lambda \geq \lambda_0$  – thanh có độ mảnh lớn
- Khi  $\lambda < \lambda_0$  – thanh mất ổn định ngoài miền đàn hồi
  - Thanh độ mảnh vừa:  $\lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_0 \Rightarrow$  Ct thực nghiệm Iasinxki

$$\sigma_{th} = a - b\lambda \quad a, b - \text{hằng số vật liệu}$$

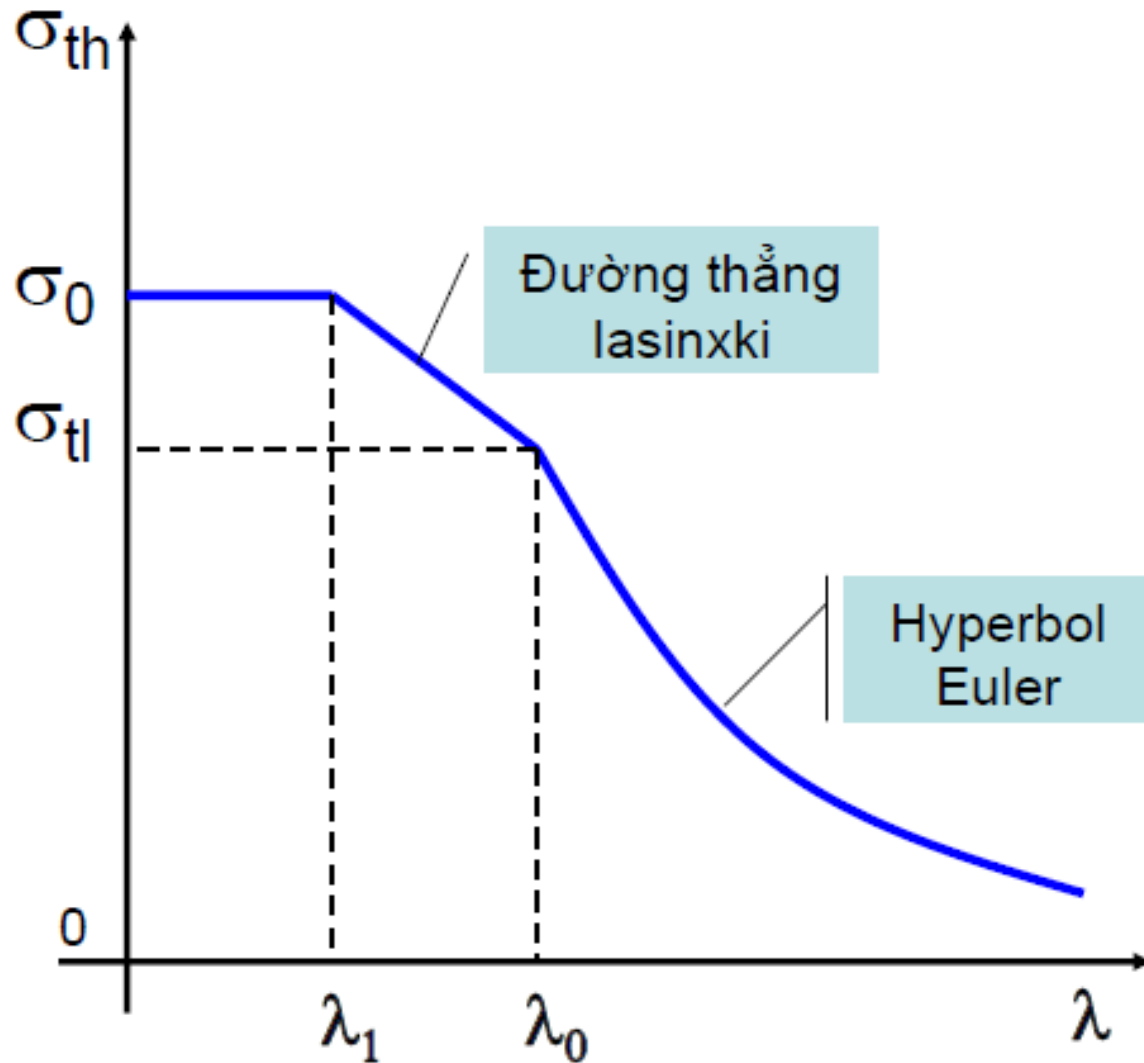
- Thanh độ mảnh bé:  $0 \leq \lambda \leq \lambda_1$

$$\sigma_{th} = \sigma_0 \quad = \sigma_b - \text{vật liệu giòn}, \sigma_{ch} - \text{vật liệu dẻo}$$

# 3. Ứng suất tới hạn & giới hạn áp dụng công thức Euler



Đồ thị  $\sigma_{th} - \lambda$



# 4. Phương pháp thực hành để tính thanh chịu nén

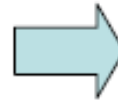


- Điều kiện bền

$$\sigma = \frac{|P|}{A} \leq \frac{\sigma_0}{n} = [\sigma]_n$$

- Điều kiện ổn định

$$\sigma = \frac{|P|}{A} \leq \frac{\sigma_{th}}{k_{od}} = [\sigma]_{od}$$



$$\sigma = \frac{|P|}{A} \leq \varphi [\sigma]_n$$

Điều kiện ổn định theo phương pháp thực hành

$\varphi$  - hệ số giảm ứng suất cho phép – tra bảng theo độ mảnh và vật liệu

$$\varphi = \frac{[\sigma]_{od}}{[\sigma]_n} = \frac{\sigma_{th}}{\sigma_0} \cdot \frac{n}{k_{od}} < 1$$

- Ba bài toán cơ bản

- Kiểm tra điều kiện ổn định

$$\frac{|P|}{A} \leq \varphi [\sigma]_n$$

- Xác định kích thước mặt cắt ngang  $A \geq \frac{|P|}{\varphi [\sigma]_n} \quad \varphi \in A \Rightarrow$  thử dần

- Xác định tải trọng cho phép  $P \leq \varphi A [\sigma]_n$



# VÍ DỤ

---



## 5. Vật liệu và hình dáng mặt cắt hợp lý

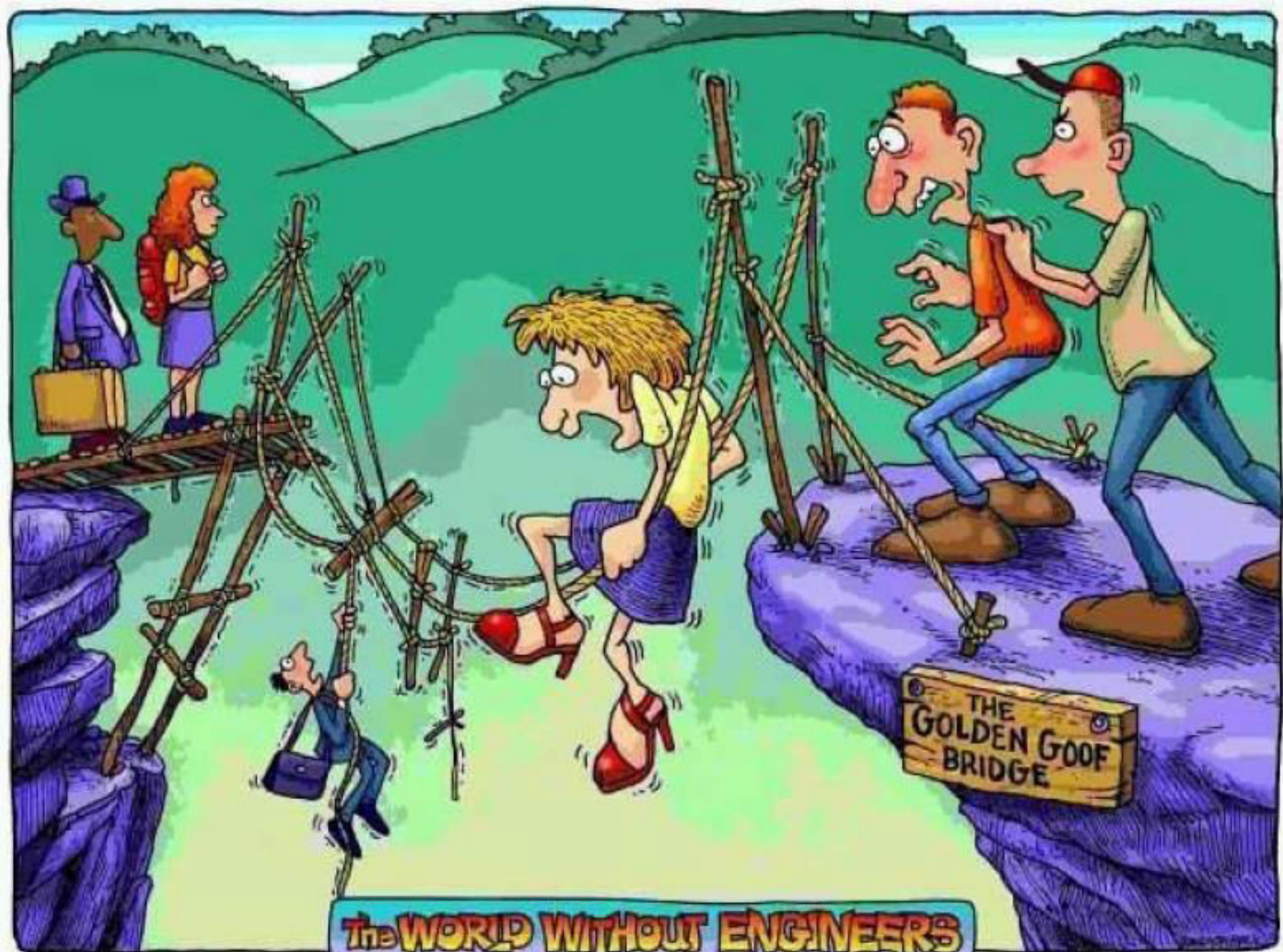
### Hình dáng mặt cắt hợp lý:

- $i_{\min} = i_{\max}$ , với liên kết hai mặt như nhau, nghĩa là khả năng chống lại sự mất ổn định theo các phương như nhau. Đó là các mặt cắt **hình tròn, hình vuông** hoặc **đa giác đều**.
- Các momen quán tính chính trung tâm của MCN càng lớn càng tốt. Vì thế người ta thường dùng các **MCN rỗng**, nhưng **thành phải có chiều dài vừa đủ**.

### Vật liệu hợp lý:

- Khi thanh độ mảnh lớn:  $\sigma_{th}$  phụ thuộc  $E \Rightarrow$  sử dụng thép thường
- Khi thanh độ mảnh vừa và bé:  $\sigma_{th}$  phụ thuộc  $\sigma_{ch} \Rightarrow$  sử dụng thép cường độ cao





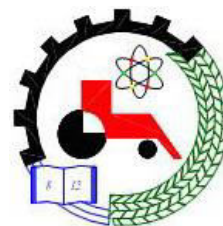
**THE WORLD WITHOUT ENGINEERS**



***Thank you for your attention***



# SỨC BỀN VẬT LIỆU



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



## Chương 10 TẢI TRỌNG ĐỘNG

# NỘI DUNG



1. Khái niệm
2. Tính thanh chuyển động thẳng đứng có gia tốc
3. Dao động hệ đàn hồi một bậc tự do
4. Va chạm của hệ có một bậc tự do



# 1. KHÁI NIỆM CHUNG

## 1. Tải trọng tĩnh:

Tải trọng có phương, chiều và độ lớn không thay đổi (hoặc thay đổi rất ít) theo thời gian, không làm phát sinh lực quán tính

## 2. Tải trọng động:

Tải trọng thay đổi theo thời gian hoặc thay đổi đột ngột, làm phát sinh lực quán tính



# 1. KHÁI NIỆM CHUNG

## 3. Phân loại tải trọng động: theo gia tốc chuyển động

### a. Chuyển động với gia tốc không đổi:

- Chuyển động tịnh tiến: thang máy, dây cáp cần cầu,...
- Chuyển động quay: trục truyền động, vô lăng quay,...

### b. Chuyển động với gia tốc thay đổi theo thời gian:

=> **Bài toán dao động:** dao động bệ máy, sàng, xe chạy trên cầu...

### c. Chuyển động với gia tốc thay đổi đột ngột:

=> **Bài toán va chạm:** búa máy, đập,...



# 1. KHÁI NIỆM CHUNG

## 4. Phương pháp nghiên cứu:

$S_{\bar{d}}$  (ứng suất, biến dạng, chuyển vị,...) do tải trọng động gây nên

$S_t$  (ứng suất, biến dạng, chuyển vị,...) do tải trọng động nhưng coi là tĩnh gây nên

$$S_{\bar{d}} = k_{\bar{d}} \cdot S_t$$

$k_{\bar{d}}$ : hệ số động  $\Rightarrow$  Cần tìm !!!



## 2. Tính thanh chuyển động thẳng đứng có gia tốc



### Trọng lực:

- Vật  $P$
- Dây cáp  $\gamma Az$

### Lực quán tính:

- Vật  $(P/g)a$
- Dây cáp  $(\gamma Az/g)a$

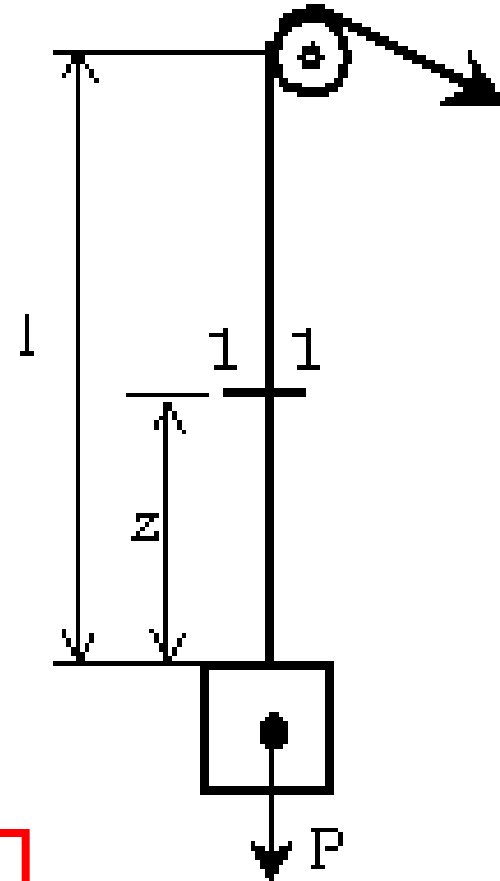
### Theo nguyên lý D'Alembert:

$$N_d - P - \gamma Fz - \frac{P}{g}a - \frac{\gamma Fz}{g}a = 0$$

$$\rightarrow N_d = \left(1 + \frac{a}{g}\right)(P + \gamma Fz)$$



$$k_d = 1 + \frac{a}{g}$$



## 2. Tính thanh chuyển động thẳng đứng có gia tốc



**Ứng suất tĩnh:** (lớn nhất tại MCN  $z = 1$ )

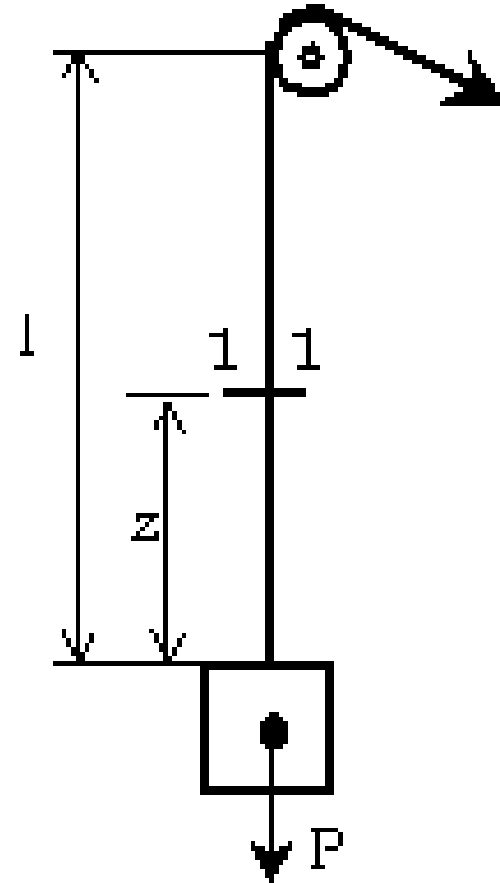
$$\sigma_t^{max} = \frac{P}{F} + \gamma l$$

**Ứng suất động:**

$$\sigma_d^{max} = k_d \cdot \sigma_t^{max}$$

**Điều kiện bền:**

$$\sigma_d^{max} = k_d \cdot \sigma_t^{max} \leq [\sigma]$$





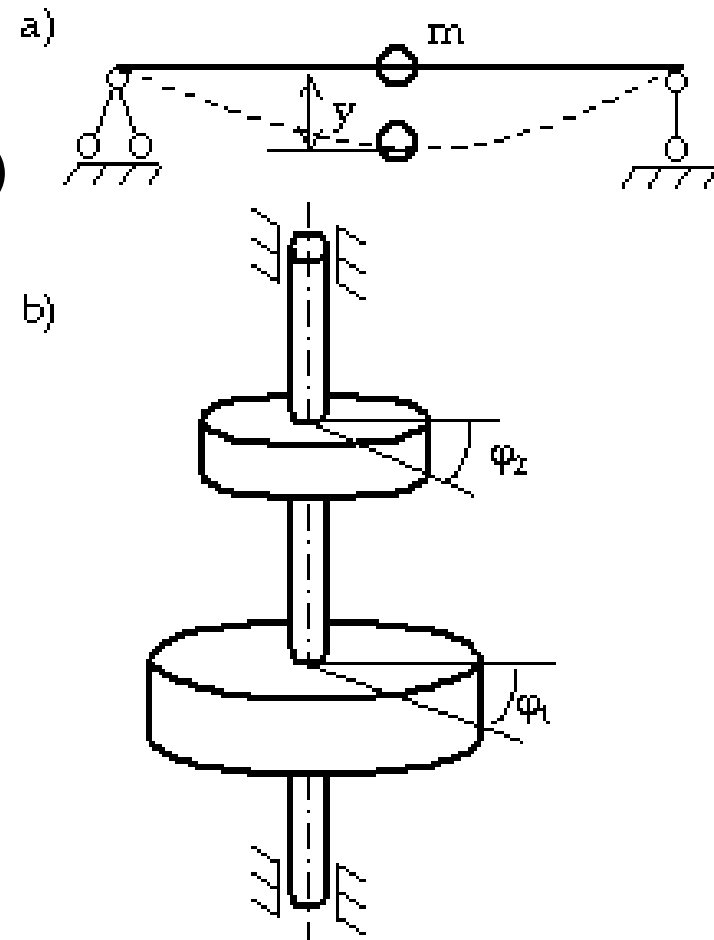
### 3. Dao động hệ đàn hồi một bậc tự do

#### Dao động:

- Dao động cưỡng bức: do ngoại lực biến thiên theo thời gian gây ra (lực kích thích)
- Dao động tự do: dao động không có lực kích thích

#### Bậc tự do:

- Một khối lượng: 1 BTD
- Hai khối lượng: 2 BTD
- Khối lượng phân bố: vô số BTD





### 3. Dao động hệ đàn hồi một bậc tự do

**Hệ số động:**

$$k_d = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2}\right)^2 + \frac{4\alpha^2\Omega^2}{\omega^4}}}$$

**Trong đó:**

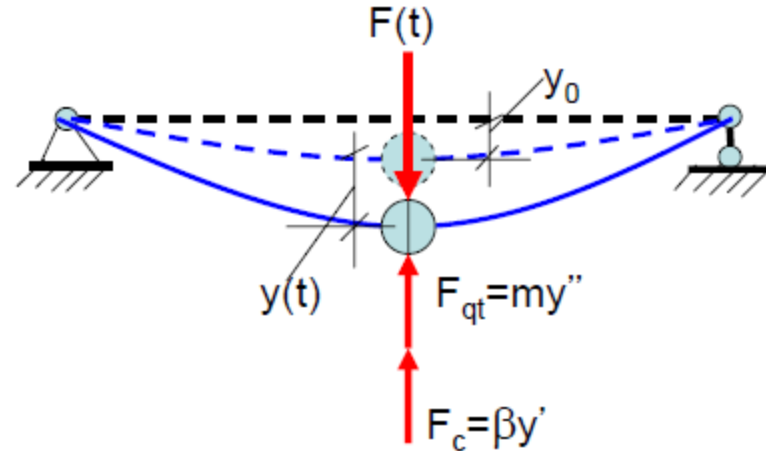
$\Omega$  - tần số dao động lực kích thích

$\alpha$  - hệ số cản

$\omega$  - tần số góc của dao động tự do

**Nếu bỏ qua lực cản:  $\alpha = 0$**

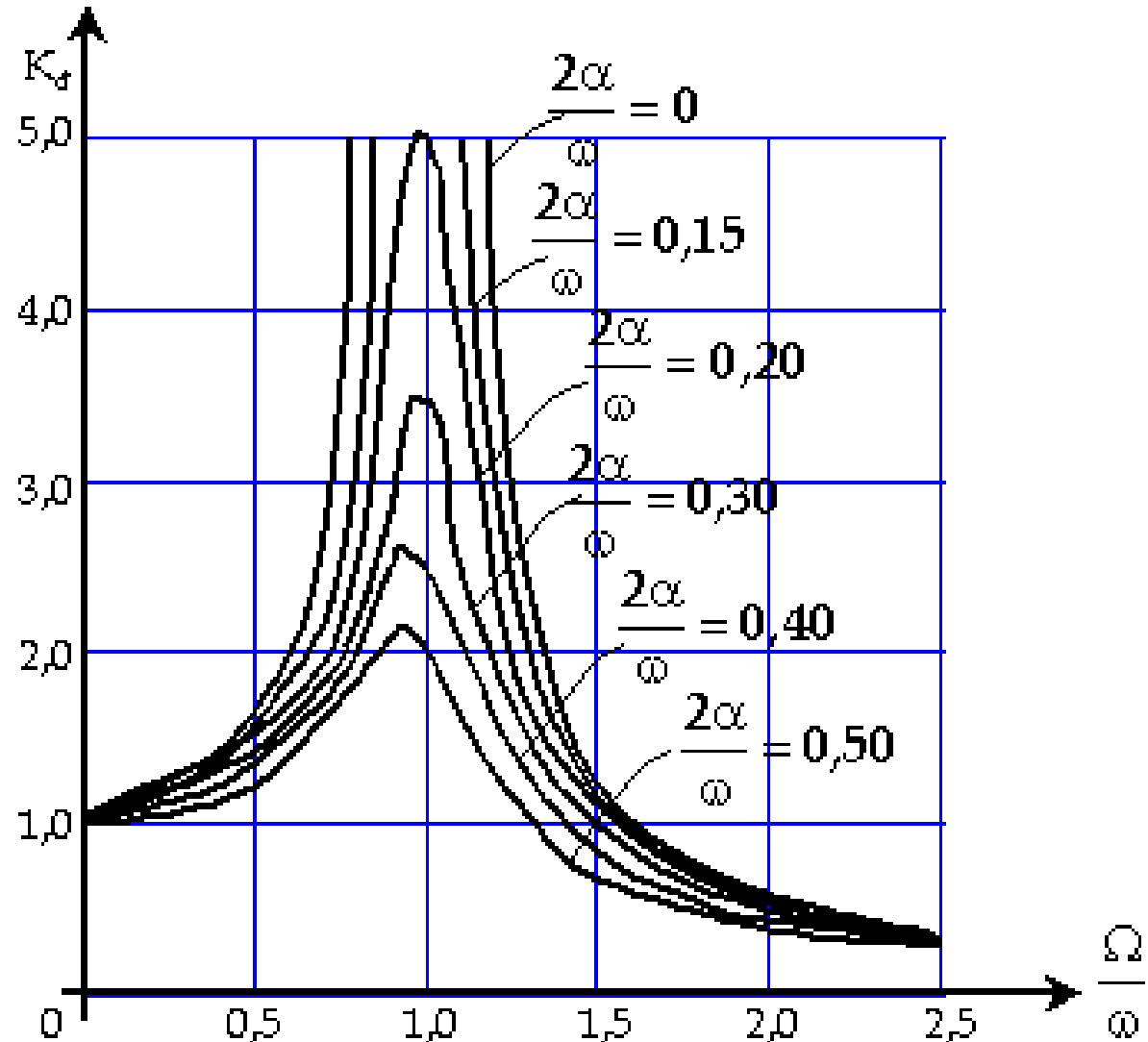
$$k_d = \frac{1}{\left|1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2}\right|}$$





### 3. Dao động hệ đàn hồi một bậc tự do

**Hệ số động:**  
(tra đồ thị)





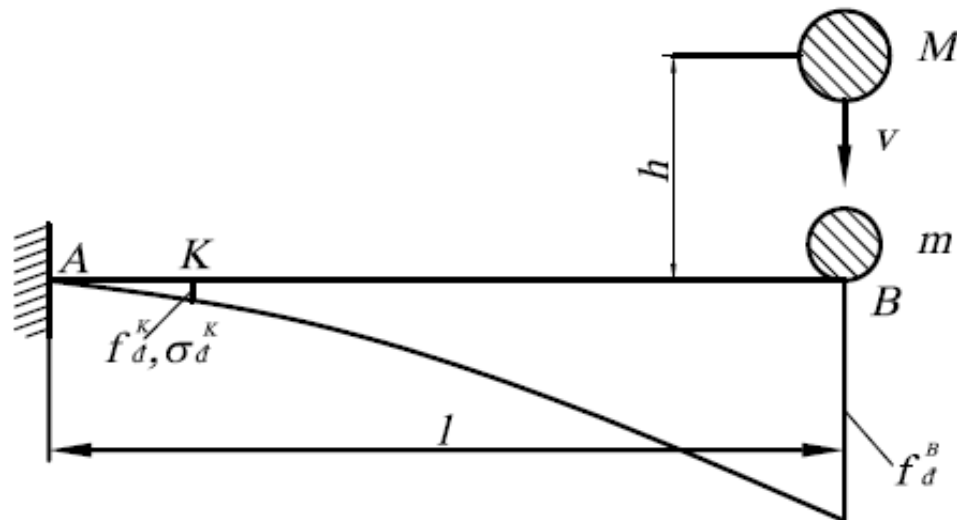
## 4. Va chạm của hệ có một BTD

### Xét hệ va chạm:

$Q = mg$  – trọng lượng đặt sẵn

$P = Mg$  – trọng lượng vật gây va chạm

$h$  – độ cao vật gây va chạm





## 4. Va chạm của hệ có một BTD

### Va chạm xiên góc:

$$k_d = \cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha + \frac{v^2}{g \cdot \Delta t \cdot \left(1 + \frac{Q}{P}\right)}}$$

### Trong đó:

$v$  – vận tốc chuyển động của vật va chạm

$\alpha$  - góc giữa phương vận tốc và phương thẳng đứng

$\Delta t$  – chuyển vị tĩnh tại điểm va chạm

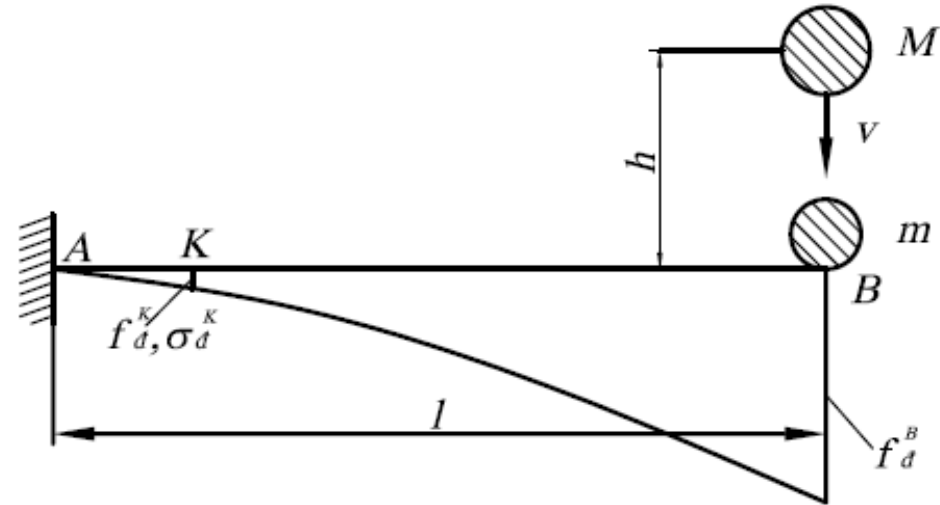


## 4. Va chạm của hệ có một BTD

Va chạm thẳng đứng:

Rơi có gia tốc: ( $a \neq g$ )

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g \cdot \Delta t \cdot \left(1 + \frac{Q}{P}\right)}}$$



Rơi tự do: ( $a = g \Rightarrow v^2 = 2gh$ )

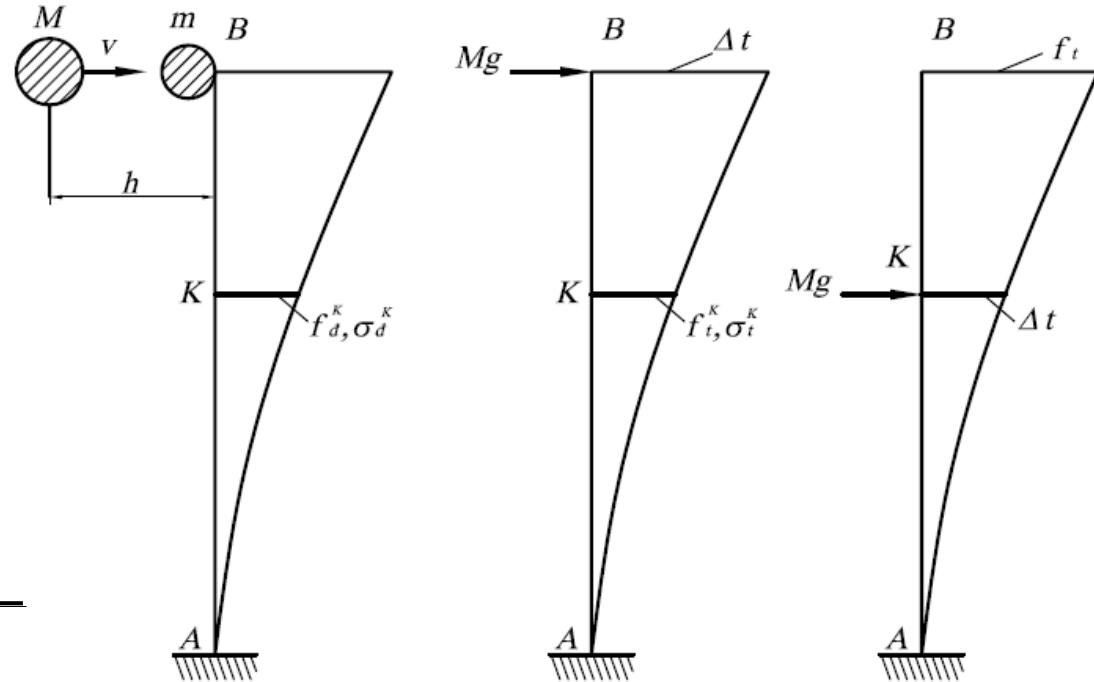
$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta t \cdot \left(1 + \frac{Q}{P}\right)}}$$





## 4. Va chạm của hệ có một BTD

### Va chạm ngang:

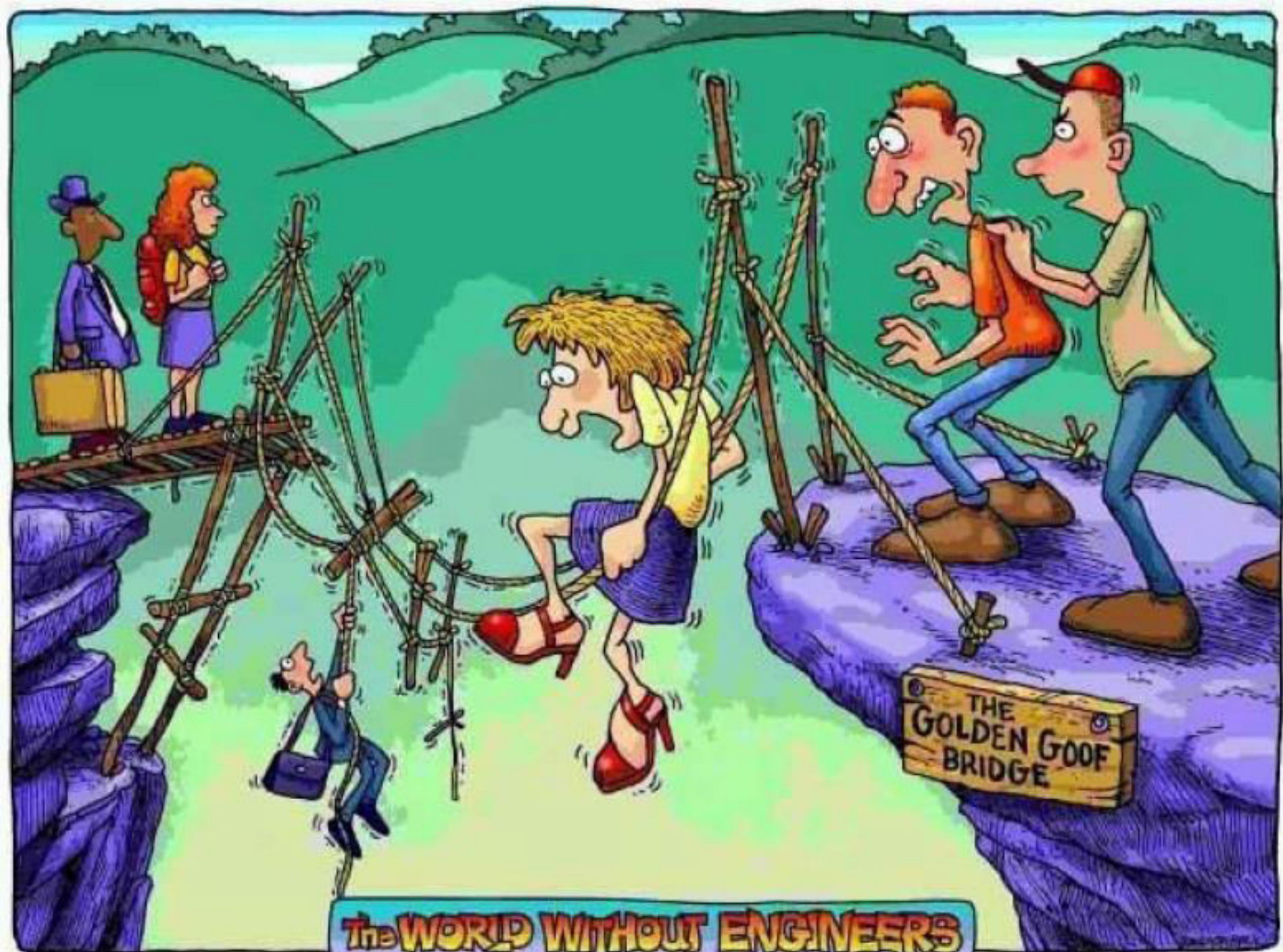


$$k_d = \sqrt{\frac{v^2}{g \cdot \Delta t \cdot \left(1 + \frac{Q}{P}\right)}}$$



# VÍ DỤ

---



**THE WORLD WITHOUT ENGINEERS**



***Thank you for your attention***