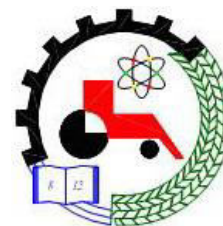




SỨC BỀN VẬT LIỆU

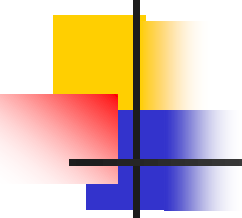


GV: ThS. TRƯƠNG QUANG TRƯỜNG
KHOA CƠ KHÍ – CÔNG NGHỆ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP.HCM



Chương 2 KÉO NÉN ĐÚNG TÂM

(Thanh chịu lực dọc trục)



NỘI DUNG

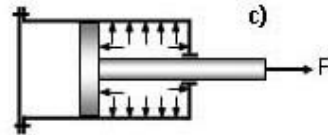
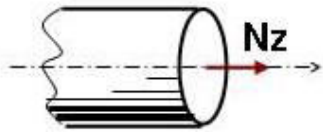


1. Định nghĩa
2. Lực dọc – Biểu đồ lực dọc
3. Ứng suất pháp
4. Biến dạng
5. Đặc trưng cơ học của vật liệu
6. Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn – Ba dạng bài toán
7. Thế năng biến dạng đàn hồi
8. Bài toán siêu tĩnh

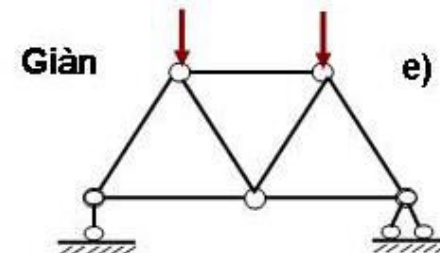
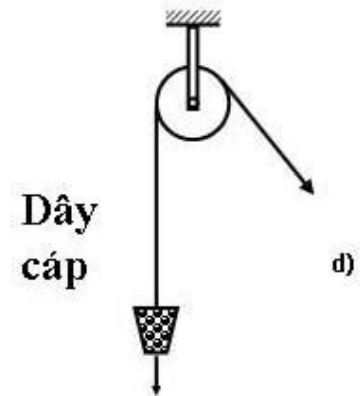
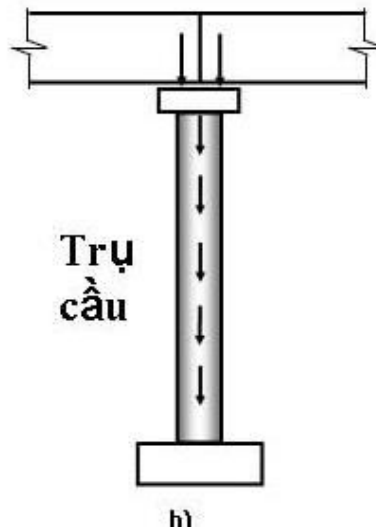
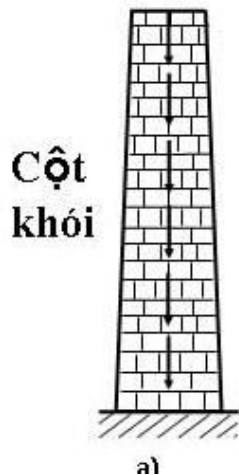


1. ĐỊNH NGHĨA

Thanh chịu kéo (nén) đúng tâm nếu trên mọi mặt cắt ngang chỉ có một thành phần lực dọc N_z



Cần
Pistong

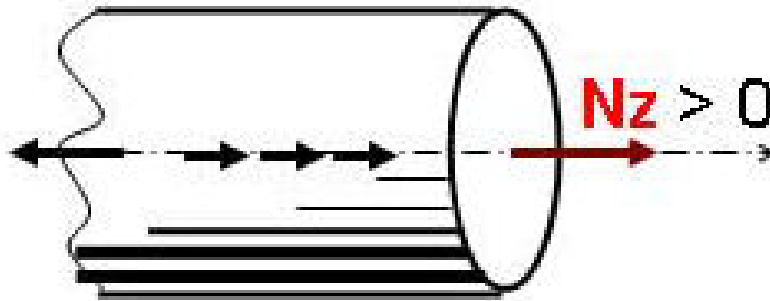


2. LỰC DỌC – BIỂU ĐỒ LỰC DỌC

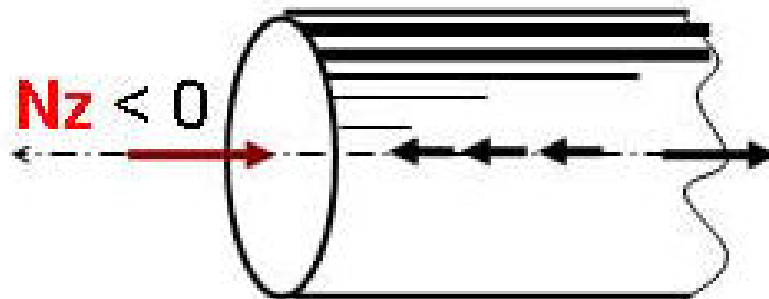


a) Quy ước dấu

Kéo



Nén



2. LỰC ĐỌC – BIỂU ĐỒ LỰC ĐỌC



b) Phương pháp tính: Phương pháp mặt cắt

- Chia thanh thành các đoạn
- Cắt 1 mặt cắt ở giữa đoạn
- Giữ lại một phần, thay thế phần bỏ đi bằng nội lực tương ứng
- Viết phương trình cân bằng cho phần giữ lại

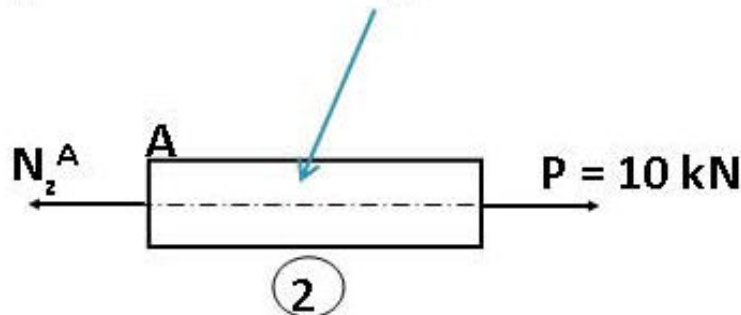
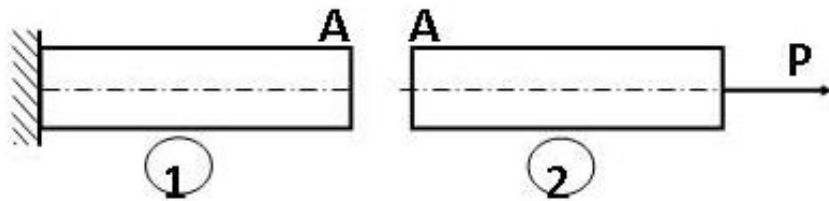
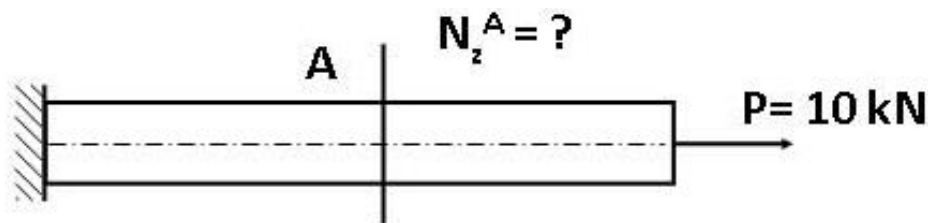
$$\begin{aligned} \text{Nội lực} + \text{Ngoại lực} &= 0 \\ \Rightarrow \text{Nội lực} \end{aligned}$$

2. LỰC DỌC – BIỂU ĐỒ LỰC DỌC



b) Phương pháp tính: Phương pháp mặt cắt

Ví dụ 1:



$$\sum F_z = 0$$

$$\Rightarrow N_z - P = 0$$

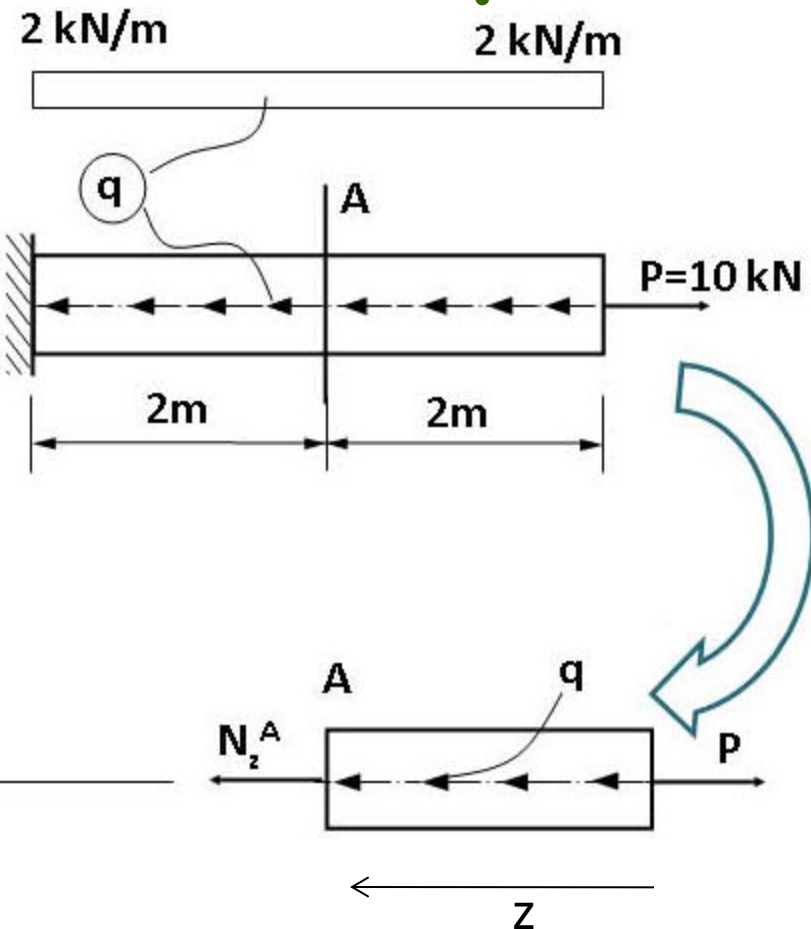
$$\Rightarrow N_z = P = 10 \text{ kN}$$

2. LỰC DỌC – BIỂU ĐỒ LỰC DỌC



b) Phương pháp tính: Phương pháp mặt cắt

Ví dụ 2:



$$\sum F_z = 0$$

$$\Rightarrow N_z - P + q \cdot z = 0$$

$$\Rightarrow N_z = P - q \cdot z$$

$$\text{Khi } z = 0 \rightarrow N_z = 10 - 2 \cdot 0 = 10 \text{ kN}$$

$$\text{Khi } z = 4 \rightarrow N_z = 10 - 2 \cdot 4 = 2 \text{ kN}$$

2. LỰC DỌC – BIỂU ĐỒ LỰC DỌC



c) Biểu đồ nội lực:

Đồ thị biểu diễn sự biến thiên của N_z dọc theo trục thanh gọi là biểu đồ lực dọc

Trình tự vẽ:

- Bước 1 - Tính phản lực liên kết
- Bước 2 - Chia đoạn
- Bước 3 - Lập biểu thức cho từng đoạn
- Bước 4 - Vẽ biểu đồ nội lực

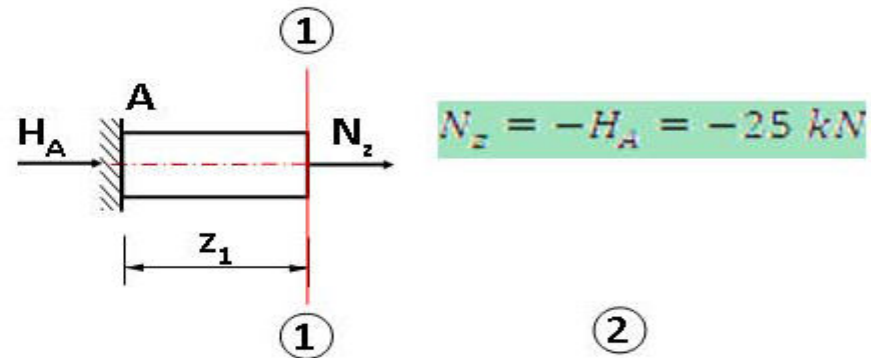
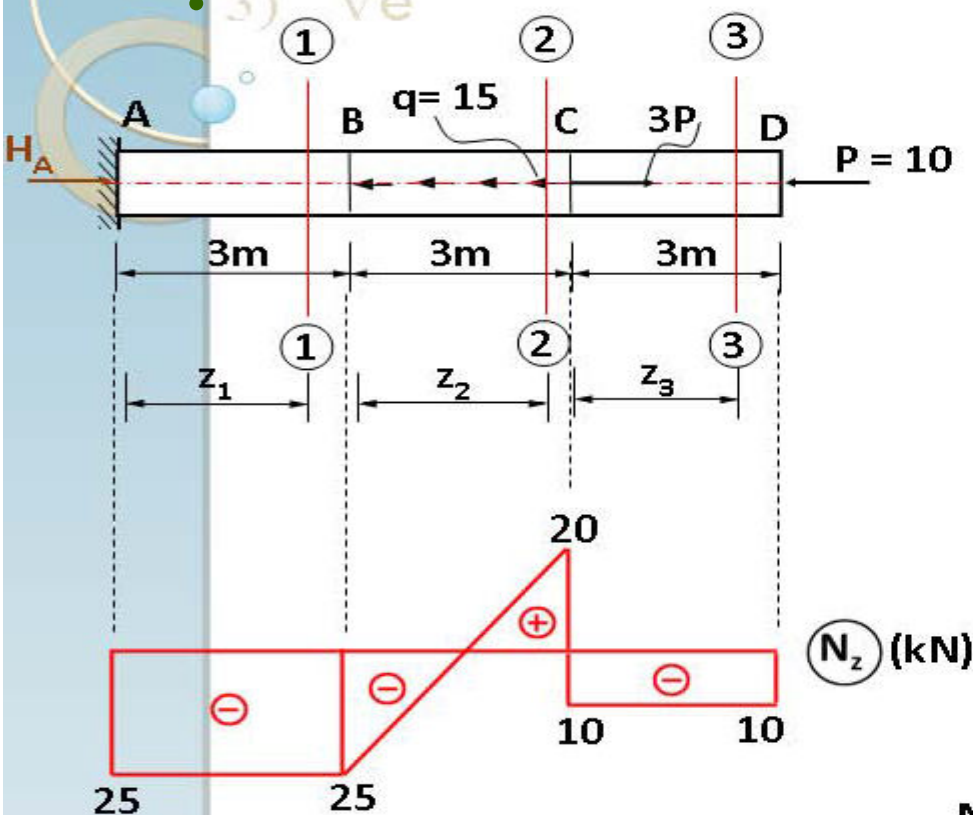
2. LỰC DỌC – BIỂU ĐỒ LỰC DỌC



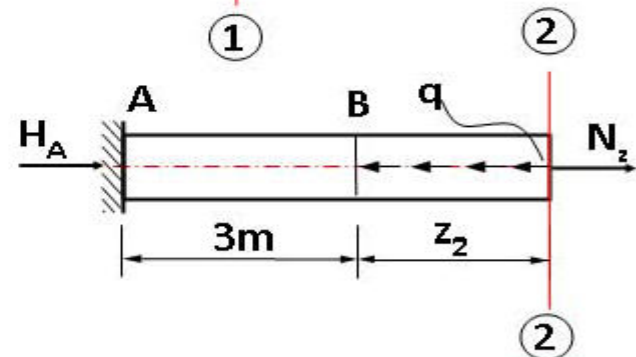
c) Biểu đồ nội lực:

$$H_A = 3q - 3P - P = 3 \cdot 15 - 3 \cdot 10 + 10 = 25 \text{ (kN)}$$

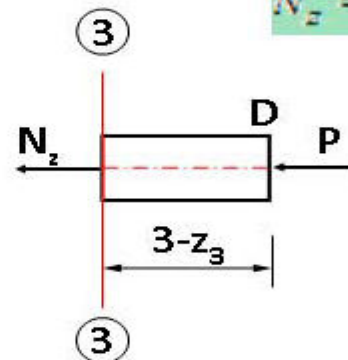
Ví dụ 3:



$$N_z = -H_A = -25 \text{ kN}$$



$$N_z = -H_A + q \cdot z_2 = -25 + 15 \cdot z_2$$



$$N_z = -P = -10 \text{ kN}$$

2. LỰC DỌC – BIỂU ĐỒ LỰC DỌC



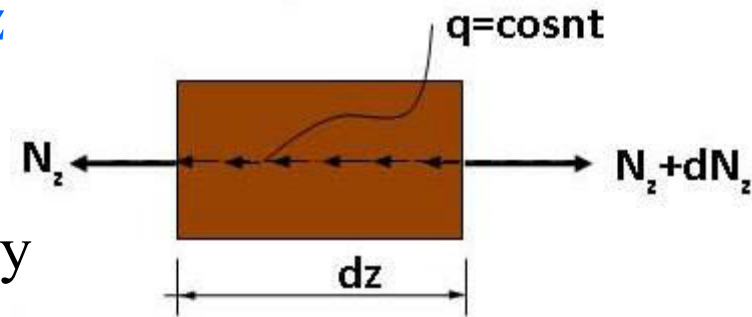
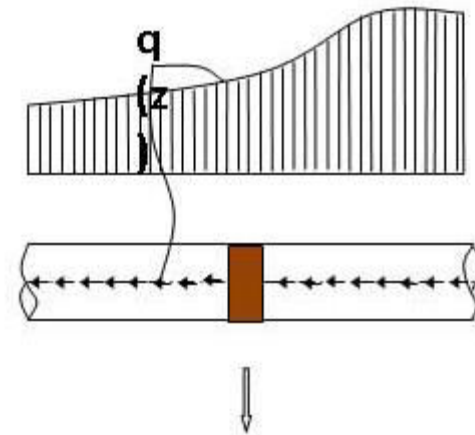
d) Quan hệ vi phân:

$$\frac{dN_z}{dz} = q$$

➤ Đạo hàm bậc nhất của lực dọc theo z bằng tải trọng phân bố.

➤ Vẽ nhanh biểu đồ lực dọc:

- Có lực tập trung $\Rightarrow$ có bước nhảy
- Giá trị bước nhảy = Lực tập trung
- Có lực phân bố $\Rightarrow$ Lực dọc cao hơn lực phân bố 1 bậc



3. ỨNG SUẤT PHÁP

Trên MCN



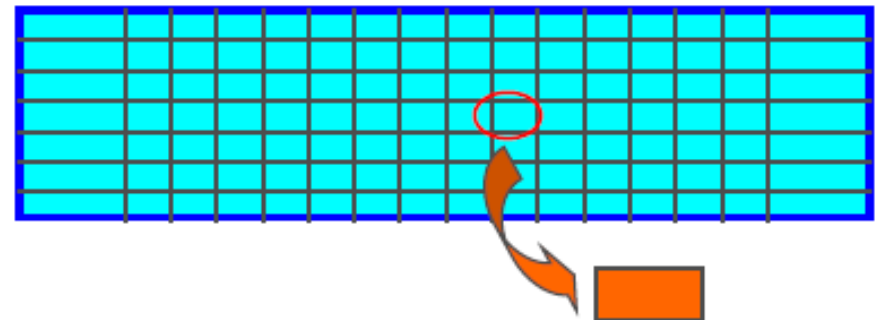
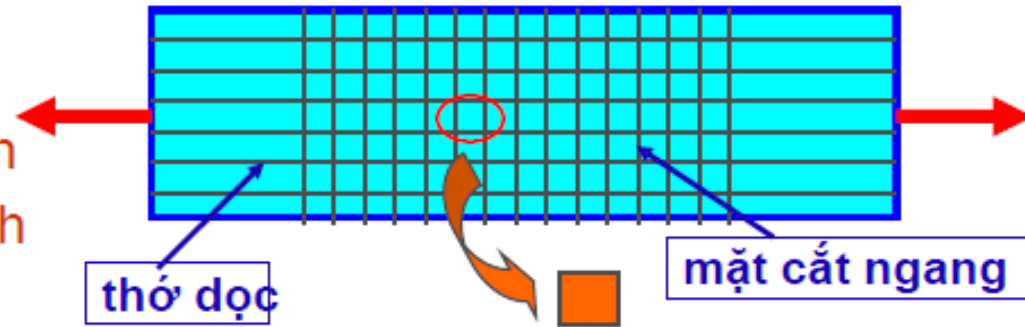
1. Thí nghiệm

Vạch trên bề mặt ngoài

- Hệ những đường thẳng // trục thanh
- Hệ những đường thẳng $\perp$ trục thanh

2. Quan sát

- Những đường thẳng // trục thanh
=> vẫn // trục thanh, k/c hai đường
kề nhau không đổi
- Những đường thẳng $\perp$ trục thanh
=> vẫn $\perp$, k/c hai đường
kề nhau thay đổi



Giả thiết biến dạng

3. ỨNG SUẤT PHÁP

Trên MCN

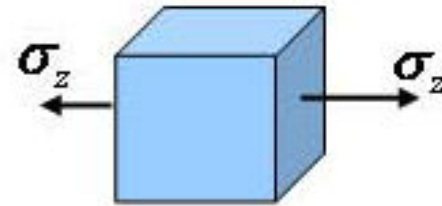
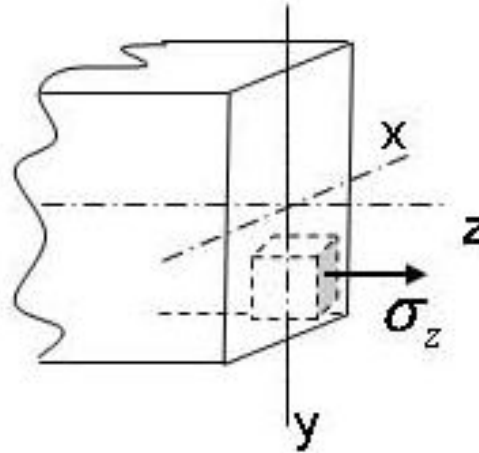


Theo công thức liên hệ giữa ứng suất và nội lực

$$N_z = \int_F \sigma_z dF = \sigma_z \int_F dF = \sigma_z F$$



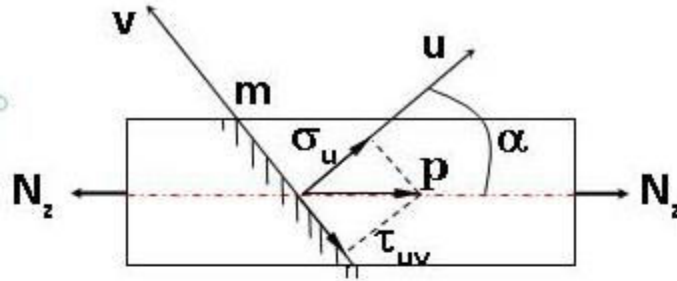
$$\sigma_z = \frac{N_z}{F}$$



Dấu của σ_z phụ thuộc vào dấu của N_z

3. ỨNG SUẤT PHÁP

Trên mặt cắt nghiêng



p : ứng suất toàn phần;

σ_u : ứng suất pháp;

τ_{uv} : ứng suất tiếp.

$$\sigma_u = p \cdot \cos \alpha$$

$$\tau_{uv} = p \cdot \sin \alpha$$

$$\begin{cases} \sigma_u = \frac{N_z}{F} \cos^2 \alpha = \sigma_z \cos^2 \alpha \\ \tau_{uv} = \frac{N_z}{F} \sin \alpha \cos \alpha = \frac{1}{2} \sigma_z \sin 2\alpha \end{cases}$$

$$p = \frac{N_z}{F_x F}$$

$$F_x = \frac{F}{\cos \alpha}$$

- 1) Tại một điểm có nhiều giá trị ứng suất trên các mặt cắt khác nhau.
- 2) $\sigma_{\max} = \sigma_z, \alpha = 0$
- 3) $\tau_{\text{ctri}} = 0.5 \sigma_z; \alpha = 45^\circ, 135^\circ$



4. BIẾN DẠNG

1) Biến dạng dọc:

Định luật Hook:

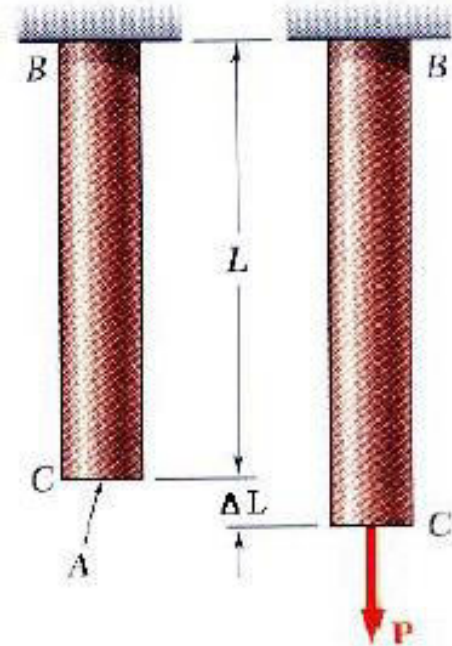
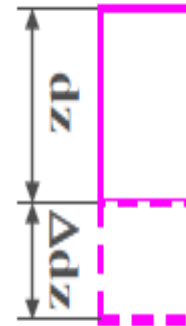
$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} = \frac{N_z}{EF}$$

Biến dạng dọc tương đối:

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta dz}{dz} \rightarrow \Delta dz = \varepsilon_z \cdot dz$$

Độ dãn (độ co):

$$\Delta l = \int_0^l \varepsilon_z dz = \int_0^l \frac{N_z}{EF} dz$$



EF – độ cứng của thanh chịu kéo nén

Khoa Cơ Khí – Công Nghệ

Trường ĐH Nông Lâm TPHCM



4. BIẾN DẠNG

E – Mô đun đàn hồi (N/m^2) – chỉ phụ thuộc vật liệu

Vật liệu	E ($\text{N/m}^2 = \text{Pa}$)
Thép chứa từ 0,15% đến 0,2 % cacbon	$20 \cdot 10^{10}$
Thép làm lò xo	$22 \cdot 10^{10}$
Thép niken	$19 \cdot 10^{10}$
Gang xám	$11,5 \cdot 10^{10}$
Đồng	$12 \cdot 10^{10}$
Đồng thau	$(10 \div 12) \cdot 10^{10}$
Nhôm	$(7 \div 8) \cdot 10^{10}$
Gỗ dọc thớ	$(0,8 \div 1,2) \cdot 10^{10}$
Cao su	$8 \cdot 10^{10}$



4. BIẾN DẠNG

1) Biến dạng dọc:

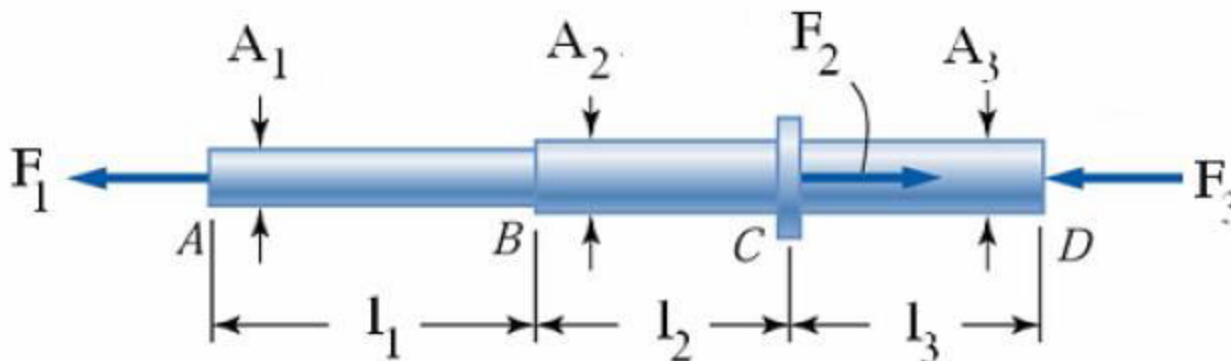
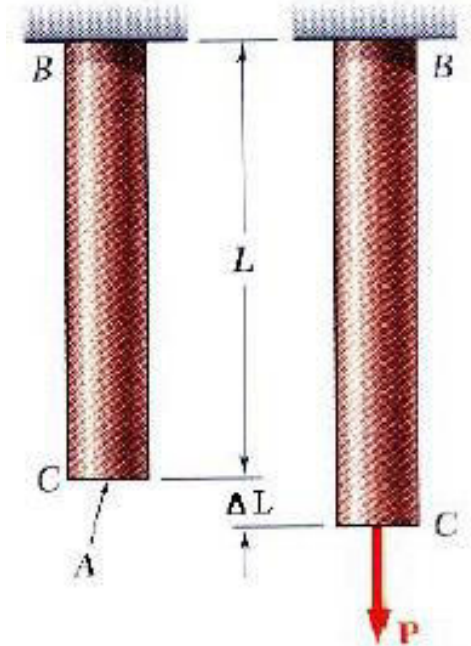
Độ dẫn (độ co):

$$\Delta l = \int_0^l \varepsilon_z dz = \int_0^l \frac{N_z}{EF} dz$$

Khi $\frac{N_z}{EF} = \text{const}$

- Trên suốt chiều dài l : $\longrightarrow \Delta l = \frac{N_z \cdot l}{EF}$

- Trên từng đoạn l_i : $\longrightarrow \Delta l = \sum \Delta l_i = \sum \frac{N_{zi} l_i}{E_i F_i}$





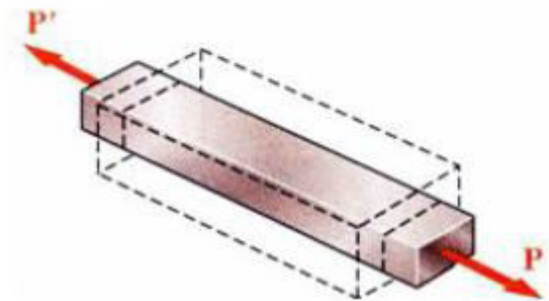
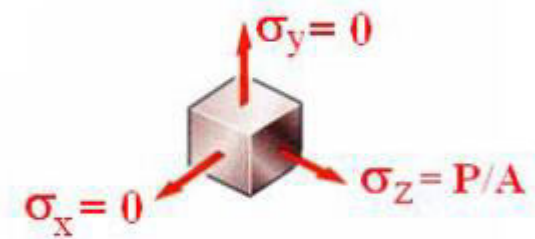
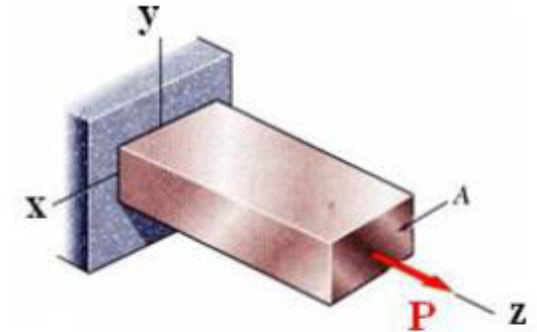
4. BIẾN DẠNG

2) Biến dạng ngang:

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = -\mu \varepsilon_z$$

μ - hệ số Poisson:

Vật liệu	Hệ số	Vật liệu	Hệ số
Thép	0,25-0,33	Đồng đen	0,32-0,35
Gang	0,23-0,27	Đá hộc	0,16-0,34
Nhôm	0,32-0,36	Bê tông	0,08-0,18
Đồng	0,31-0,34	Cao su	0,47



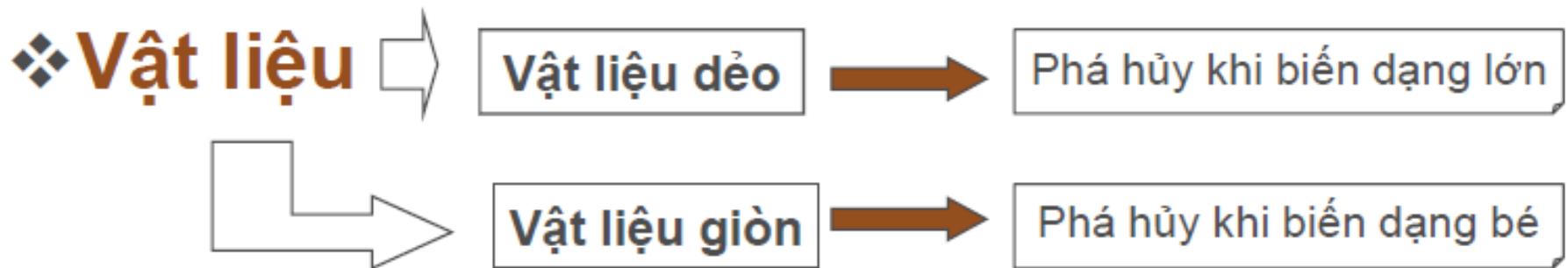
5. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU



❖ Đặc trưng cơ học của vật liệu:

Là các thông số đánh giá khả năng chịu lực, chịu biến dạng của vật liệu trong từng trường hợp chịu lực cụ thể

❖ Để xác định các đặc trưng cơ học của vật liệu: tiến hành các thí nghiệm với các loại vật liệu khác nhau



5. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU



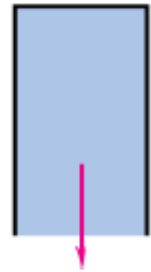
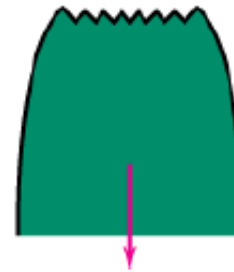
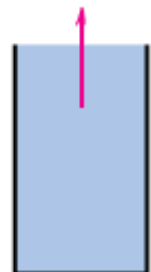
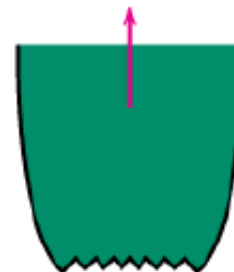
• Phân loại:

Đặc điểm
phá hủy:

Rất dẻo

Dẻo vừa

Dòn



Đặc điểm biến dạng:

Lớn

Trung bình

Bé

Dự báo biến dạng:

Luôn báo trước

Báo trước

Không
báo trước

5. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU



Necking

(a)



Failure of a
ductile material

(b)

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

[TensileTestingofPlastic.mp4](#)



Tension failure of
a brittle material

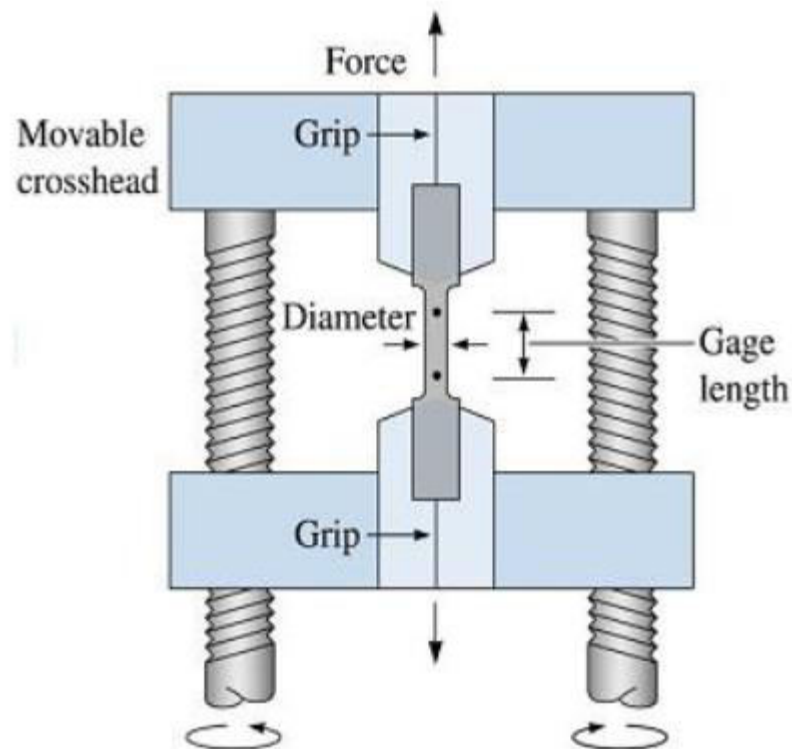
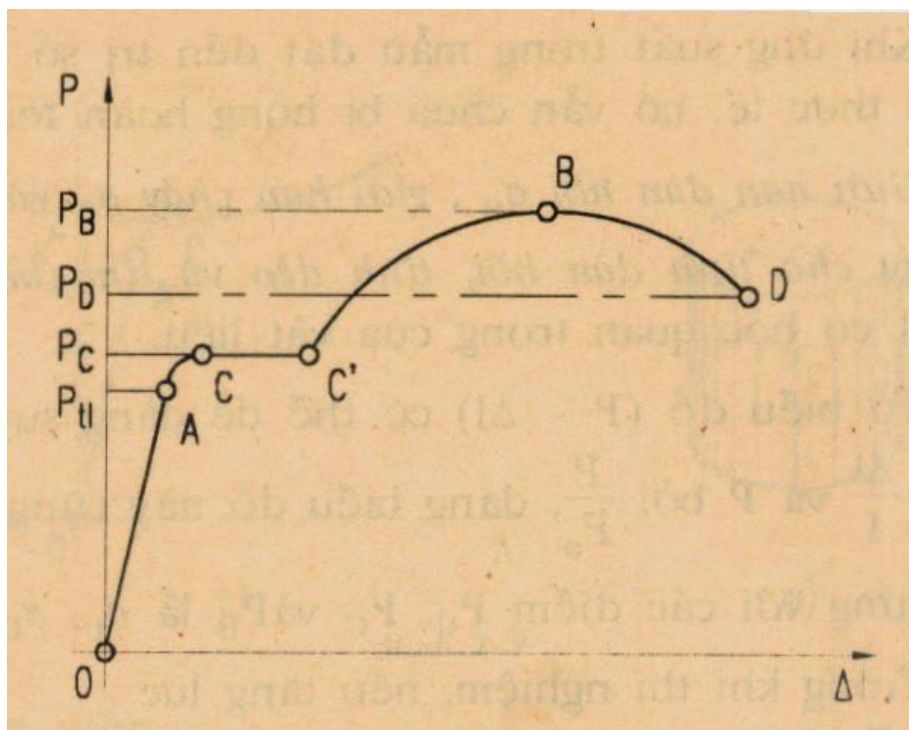
(a)

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

5. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU



1) Thí nghiệm kéo:



5. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU



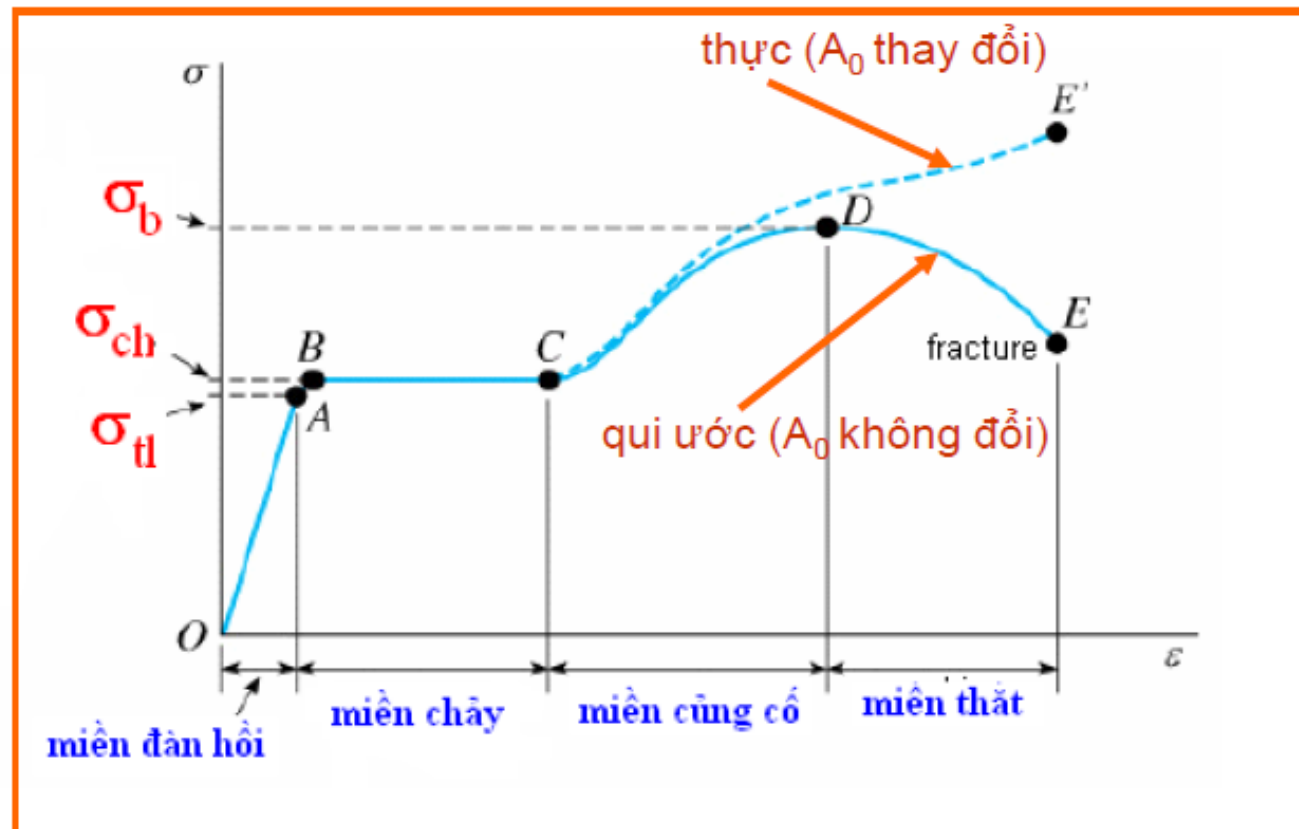
1) Thí nghiệm kéo:

Đồ thị kéo mẫu vật liệu dẻo

$$\sigma_{tl} = \frac{P_{tl}}{F_o}$$

$$\sigma_c = \frac{P_c}{F_o}$$

$$\sigma_B = \frac{P_B}{F_o}$$



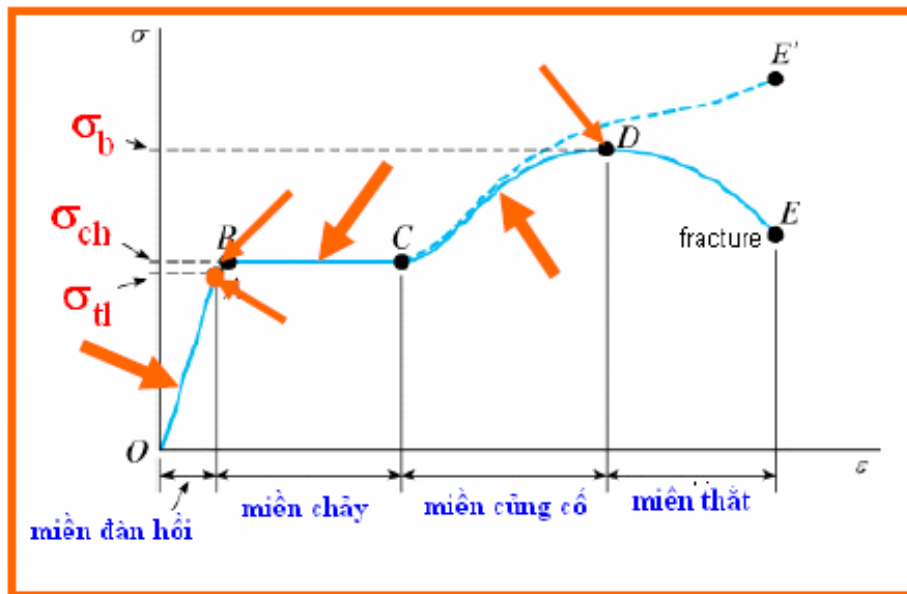


5. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

1) Thí nghiệm kéo:

Đồ thị chia 3 giai đoạn

1. Giai đoạn tỉ lệ: ứng suất tỉ lệ bậc nhất với biến dạng dài tỉ đối



σ_{tl} , σ_{ch} , σ_b - đặc trưng cơ học của vật liệu

Ứng suất lớn nhất - giới hạn tỉ lệ σ_{tl}

2. Giai đoạn chảy: ứng suất không tăng nhưng biến dạng tăng

Giới hạn chảy σ_{ch} – giá trị ứng suất lớn nhất

3. Giai đoạn củng cố: quan hệ ứng suất - biến dạng là phi tuyến (CDE)

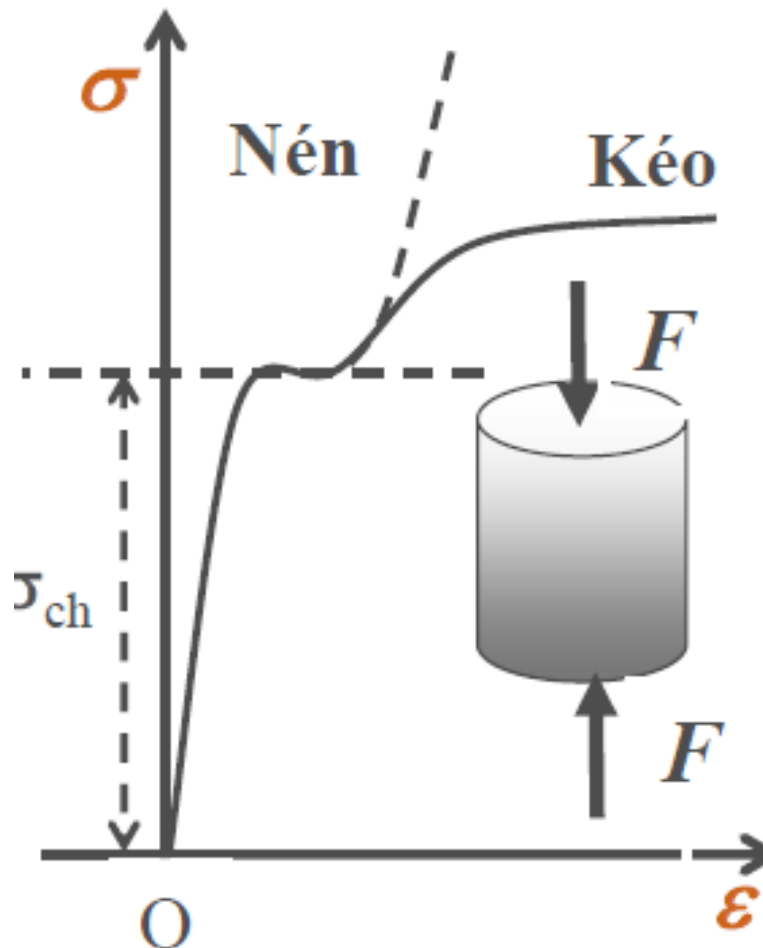
Giới hạn bền σ_b – giá trị ứng suất lớn nhất

5. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU



2) Thí nghiệm nén:

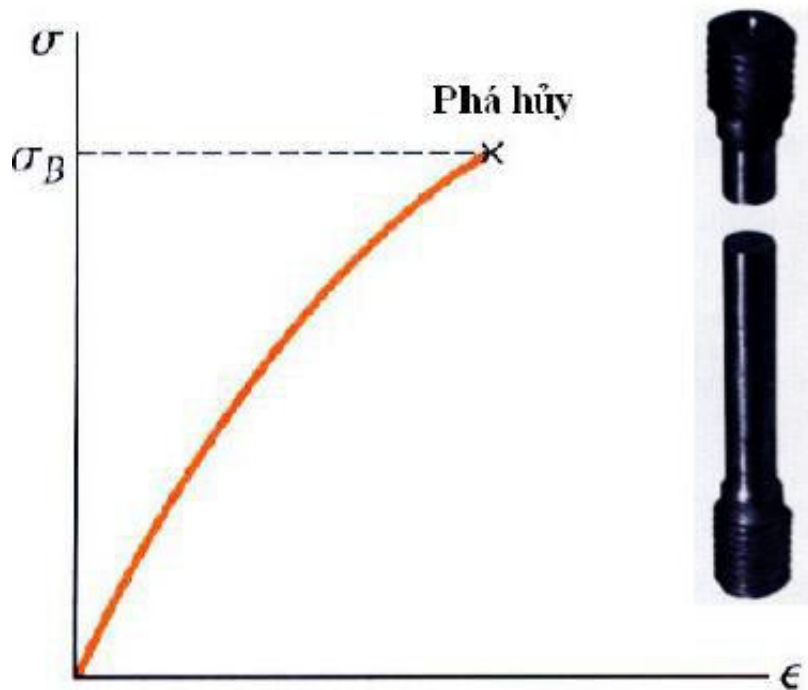
Vật liệu dẻo:



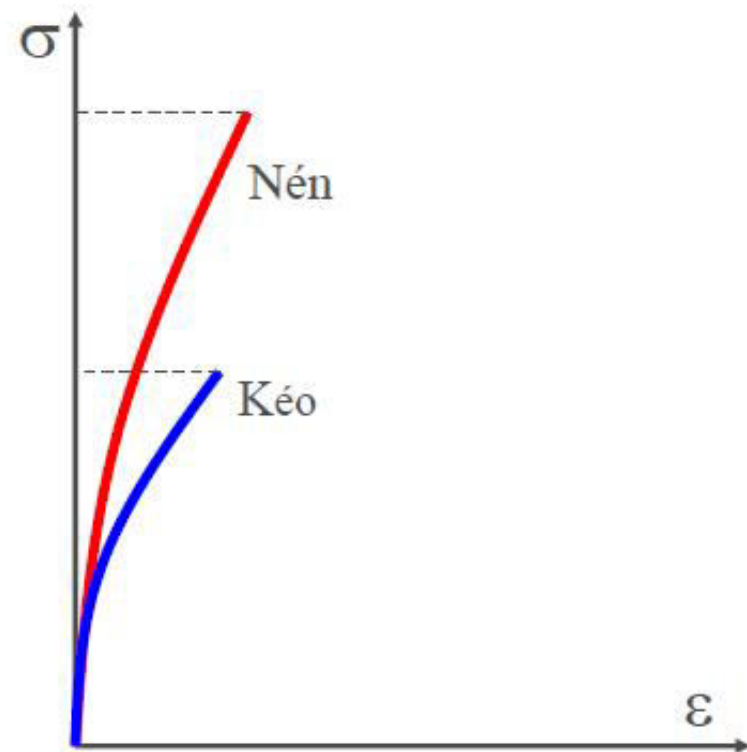
5. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU



3) Thí nghiệm kéo – nén vật liệu giòn:



- Không xác định được giới hạn tỉ lệ và giới hạn chảy, chỉ xác định được giới hạn bền

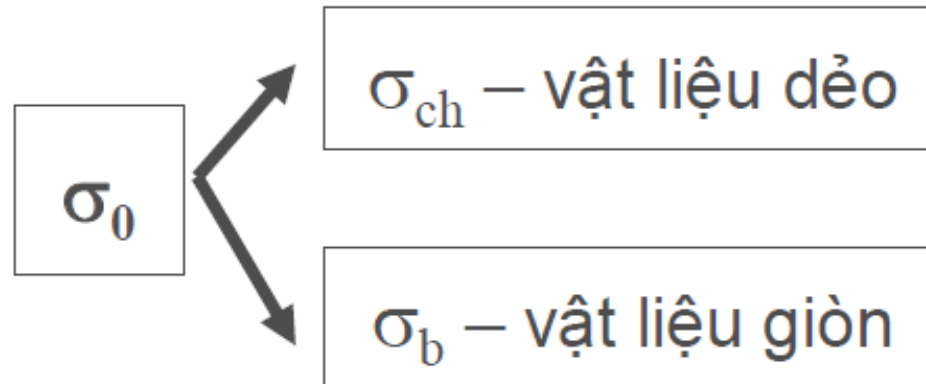


6. Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn – Ba dạng bài toán



1) Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn:

❖ Thí nghiệm $\Rightarrow$ ứng suất nguy hiểm σ_0 – tương ứng với thời điểm vật liệu mất khả năng chịu lực



- Vật liệu làm việc an toàn khi ứng suất xuất hiện chưa vượt quá ứng suất nguy hiểm

- Khi tính toán, không bao giờ tính theo ứng suất nguy hiểm: vật liệu không đồng nhất, điều kiện làm việc thực tế khác với PTN, tải trọng vượt quá thiết kế, ... $\Rightarrow$ Hệ số an toàn

6. Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn – Ba dạng bài toán



1) Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn:

❖ Dùng trị số ứng suất cho phép để tính toán:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_0}{n}$$

n - hệ số an toàn - đặc trưng cho khả năng dự trữ về mặt chịu lực ($n > 1$)

$$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \dots$$

- n_1 - hệ số kể đến sự đồng nhất của vật liệu
- n_2 - hệ số kể đến điều kiện làm việc, phương pháp tính toán, ...
- Các hệ số lấy theo qui phạm

6. Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn – Ba dạng bài toán



2) Điều kiện bền:

❖ Điều kiện để thanh làm việc an toàn => Điều kiện bền

■ Vật liệu dẻo:

$$\max \{ \sigma_{z\max}, |\sigma_{z\min}| \} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{ch}}{n}$$

■ Vật liệu giòn:

$$\sigma_{z\max} \leq [\sigma]_k = \frac{\sigma_b^k}{n}$$

$$|\sigma_{z\min}| \leq [\sigma]_n = \frac{\sigma_b^n}{n}$$

■ Kéo (nén) đúng tâm

$$\sigma_z = \frac{N_z}{A} \leq [\sigma]$$



6. Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn – Ba dạng bài toán



3) Điều kiện cứng:

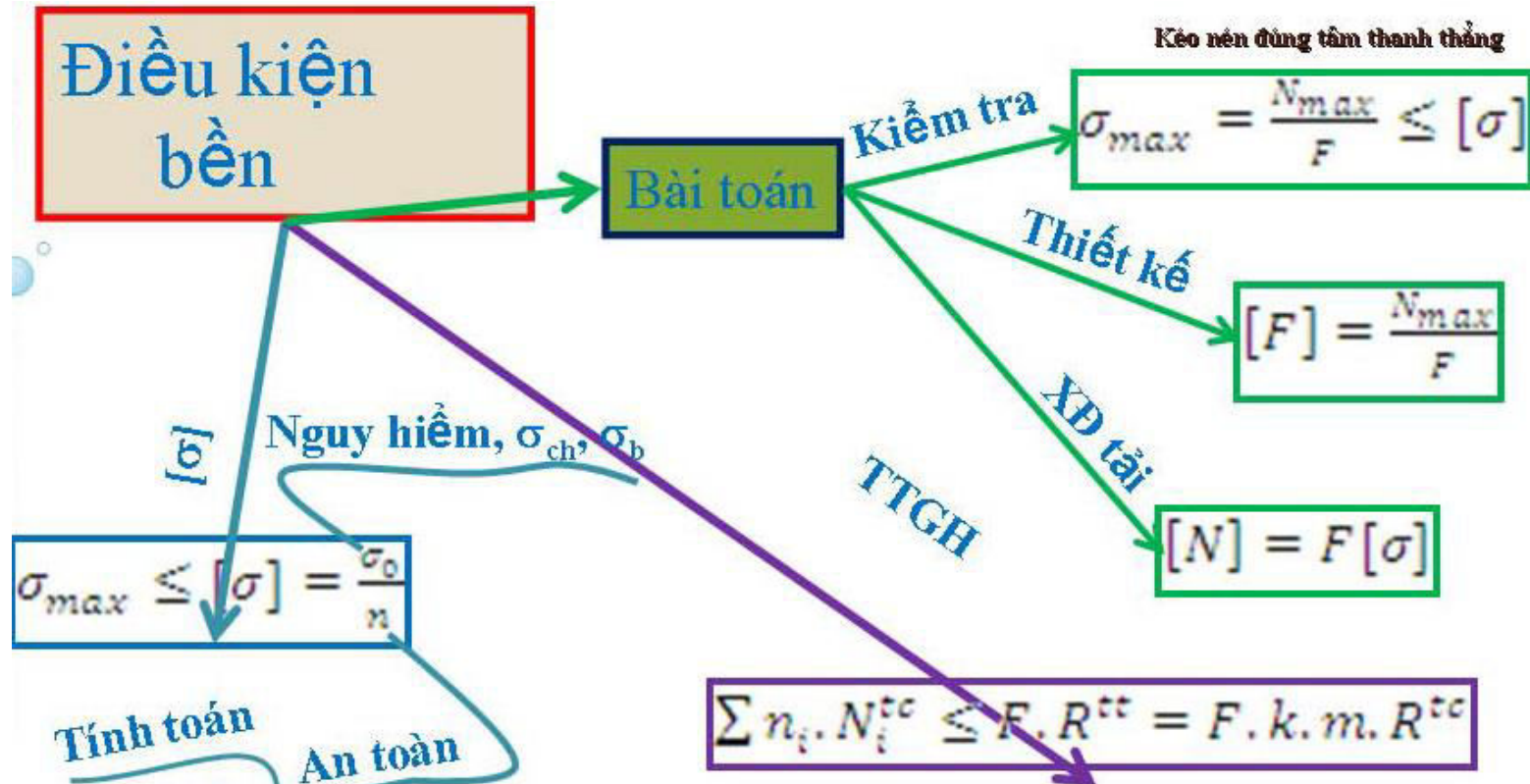
$$\varepsilon_{max} = \left(\frac{N_z}{EF} \right)_{max} \leq [\varepsilon]$$

$$\Delta l \leq [\Delta l]$$

6. Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn – Ba dạng bài toán



4) Ba dạng bài toán:



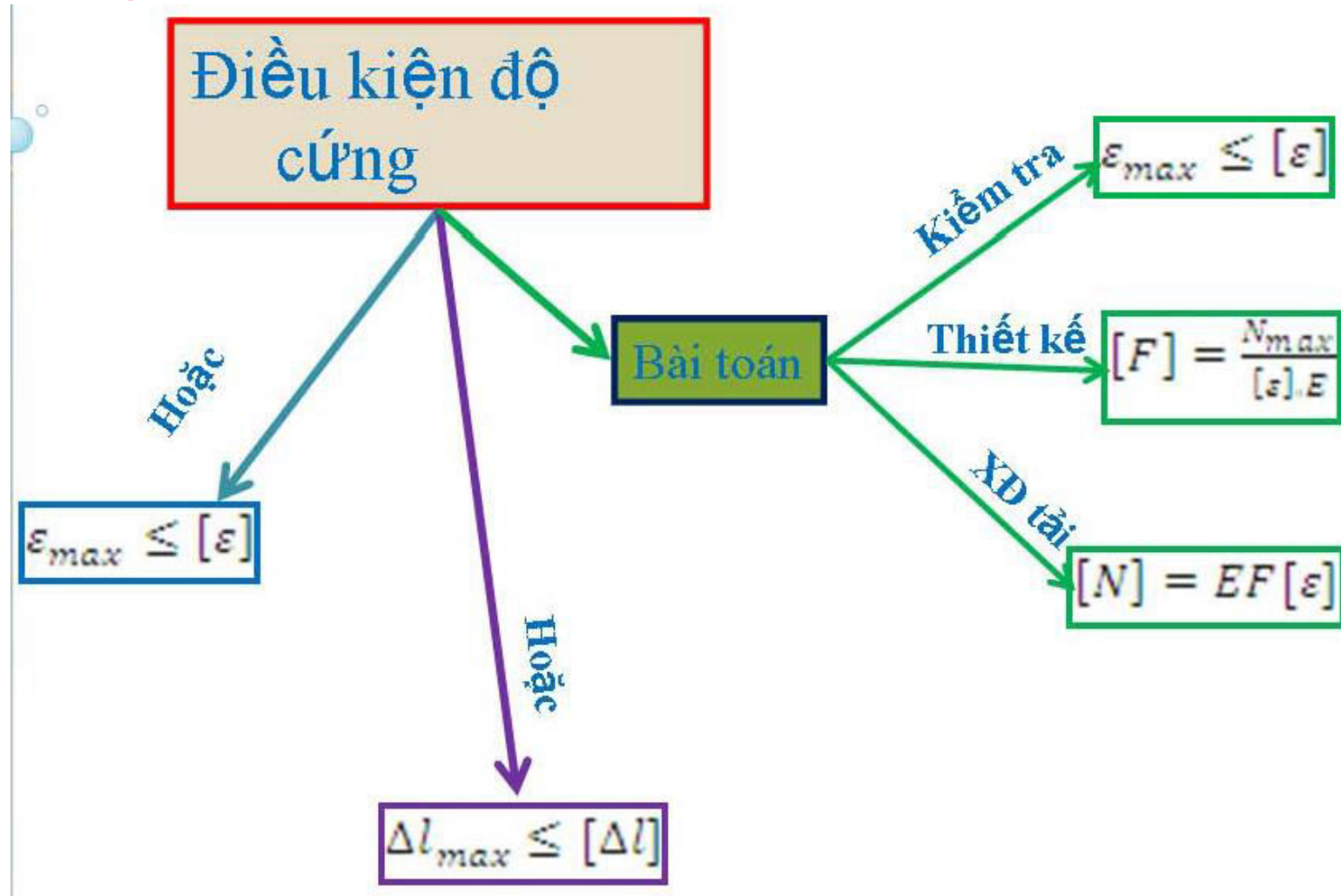
$$\sum n_i \cdot N_i^{tc} \leq F \cdot R^{tt} = F \cdot k \cdot m \cdot R^{tc}$$

N_i^{tc} – Tải trọng tiêu chuẩn, i
 n_i – Hệ số vượt tải i,
 F – Diện tích mặt cắt ngang thanh,
 R^{tt} – Cường độ tính toán của vật liệu,
 k – Hệ số đồng nhất của vật liệu, $k \leq 1$,
 m – Hệ số điều kiện làm việc, $m \leq 1$.

6. Ứng suất cho phép – Hệ số an toàn – Ba dạng bài toán

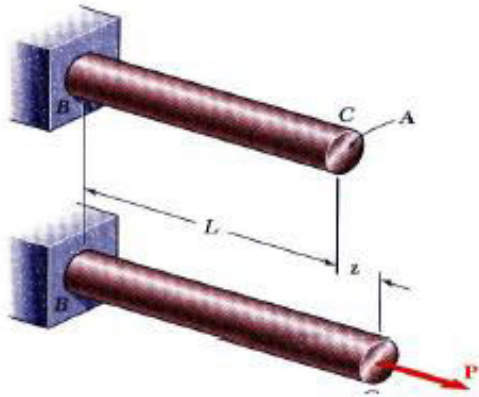


4) Ba dạng bài toán:





7. THỂ NĂNG BIẾN DẠNG ĐÀN HỒI



- Xét thanh chịu kéo (nén) đúng tâm
- Phân tố công ngoại lực trên chuyển vị dz

$$dA = P dz$$

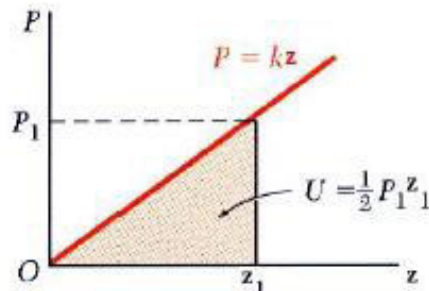
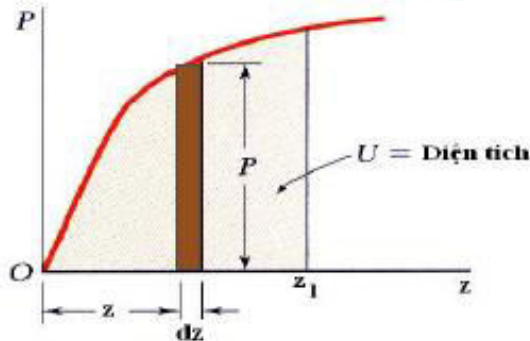
công này bằng phần diện tích trên đồ thị trong khoảng dz .

- Công ngoại lực cho biến dạng z_1 :

$$A = \int_0^{z_1} P dz$$

- Trong miền đàn hồi

$$A = \int_0^{z_1} kz dz = \frac{1}{2} kz_1^2 = \frac{1}{2} P_1 z_1$$





7. THỂ NĂNG BIẾN DẠNG ĐÀN HỒI

$$A = \int A_i = \int_{\Delta l} P_i \cdot d\Delta l = \Omega_{OAC} = \frac{1}{2} \Delta l \cdot P = \frac{N_z^2 l}{2EF}$$

$$U = \frac{N_z^2 l}{2EF}$$

Mở rộng

$$U = \sum \int_i \frac{N_i^2}{2EF_i} dz$$



8. BÀI TOÁN SIÊU TĨNH

- ❖ **Hệ siêu tĩnh:** là hệ mà ta không thể xác định được hết các phản lực liên kết và nội lực trong hệ nếu chỉ nhờ vào các phương trình cân bằng tĩnh học
- ❖ **Số ẩn số > số phương trình cân bằng**

Cách giải.

- 1) Phương trình cân bằng tĩnh học
- 2) Phương trình hình học
- 3) Phương trình vật lý



8. BÀI TOÁN SIÊU TĨNH

Biến dạng do nhiệt:

$$\Delta l = l - l_0 = \alpha l_0 \Delta t$$

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \Delta t$$

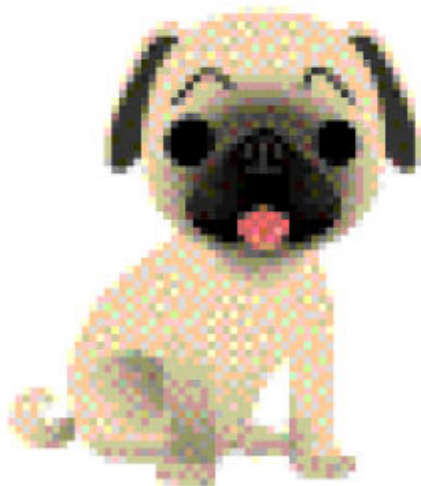
Chất liệu	α (K ⁻¹)
Nhôm	$24 \cdot 10^{-6}$
Đồng đỏ	$17 \cdot 10^{-6}$
Sắt, thép	$11 \cdot 10^{-6}$
Inva (Ni-Fe)	$0,9 \cdot 10^{-6}$
Thủy tinh	$9 \cdot 10^{-6}$
Thạch anh	$0,6 \cdot 10^{-6}$



8. BÀI TOÁN SIÊU TĨNH

Ví dụ

CÂU HỎI





Thank you for your attention