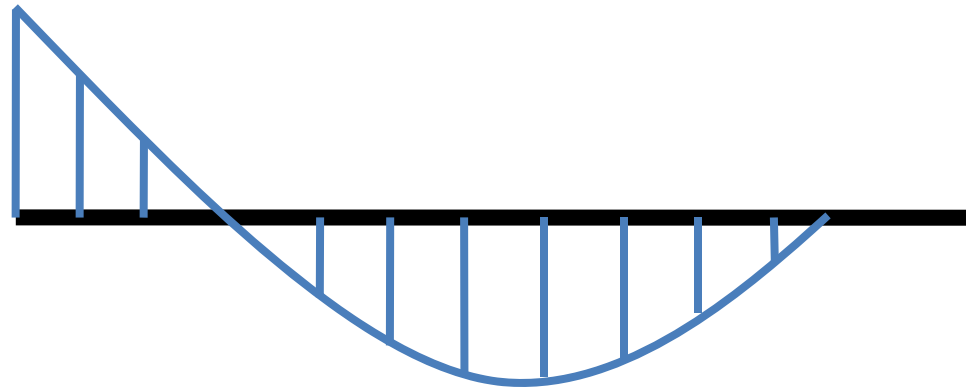


Môn học

CƠ HỌC ỨNG DỤNG

Chương II

Nội lực và Vẽ biểu đồ nội lực



GV: ThS. Nguyễn Thanh Nhã

Bộ môn Cơ Kỹ Thuật – Khoa Khoa Học Ứng Dụng – 106B4

ĐT: 08.38660568 – 0908568181

Email: thanhnhanguyendem@gmail.com

Chương II

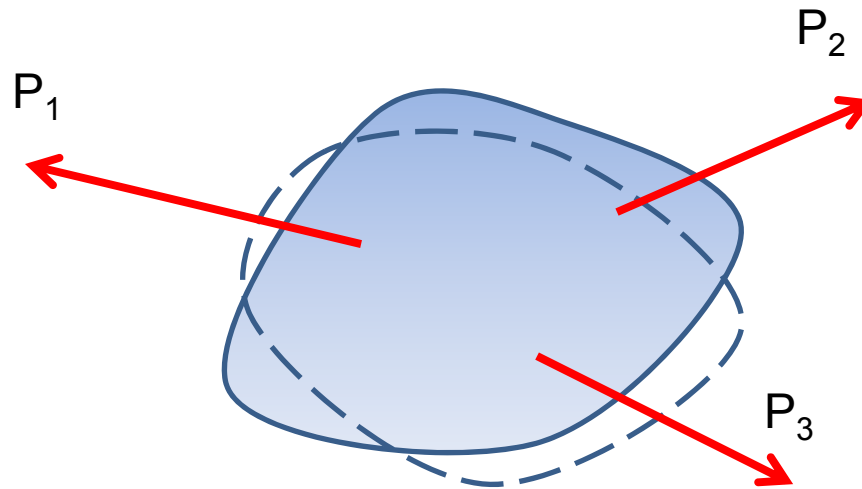
Nội lực và Vẽ biểu đồ nội lực

1. Các khái niệm cơ bản về *Cơ học vật rắn biến dạng*
2. Các thành phần nội lực và cách xác định
3. Liên hệ giữa các thành phần ứng suất và các thành phần nội lực
4. Bài toán phẳng
5. Biểu đồ nội lực cho bài toán phẳng

1. Các khái niệm cơ bản về *Cơ học vật rắn biến dạng*

Nhiệm vụ và đối tượng

Cơ học vật rắn biến dạng nghiên cứu những dịch chuyển tương đối giữa các chất điểm thuộc vật rắn khi nó chịu tác dụng bởi hệ lực cân bằng. Để từ đó ta có thể tính toán sức chịu đựng của vật liệu



1. Các khái niệm cơ bản về *Cơ học vật rắn biến dạng*

Nhiệm vụ và đối tượng

Mô hình nghiên cứu: Thanh thẳng, Khung

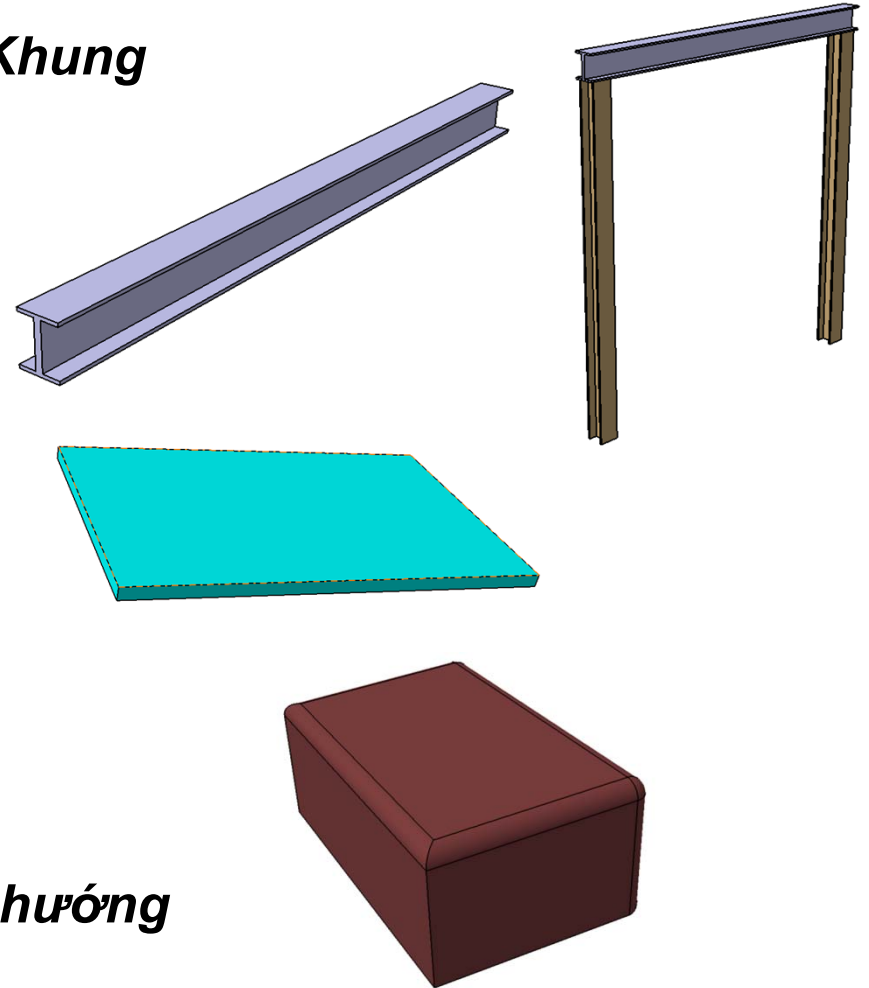
Thanh: vật thể có kích thước 1 phương lớn hơn 2 phương kia nhiều lần

Tấm vỏ: vật thể có kích thước 2 phương lớn hơn phương còn lại nhiều lần

Khối: vật thể có kích thước 3 phương tương đương nhau

Vật liệu: Đàn hồi _ Liên tục _ Đồng hướng

Mô hình biến dạng bé



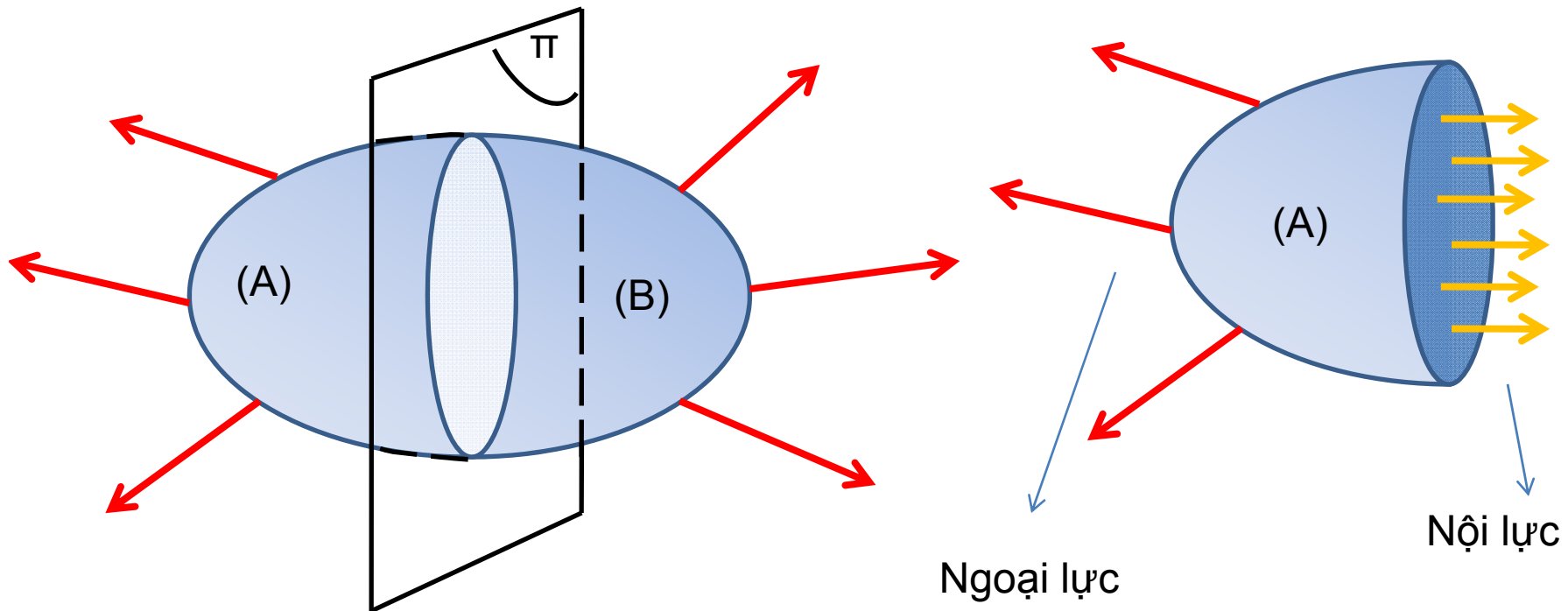
1. Các khái niệm cơ bản về *Cơ học vật rắn biến dạng*

Nội lực

a. Định nghĩa:

Nội lực là độ tăng của lực liên kết giữa các phân tử thuộc vật rắn khi vật thể chịu tác dụng của hệ lực cân bằng.

b. Phương pháp khảo sát: *Phương pháp mặt cắt ngang*



1. Các khái niệm cơ bản về *Cơ học vật rắn biến dạng* **Nội lực**

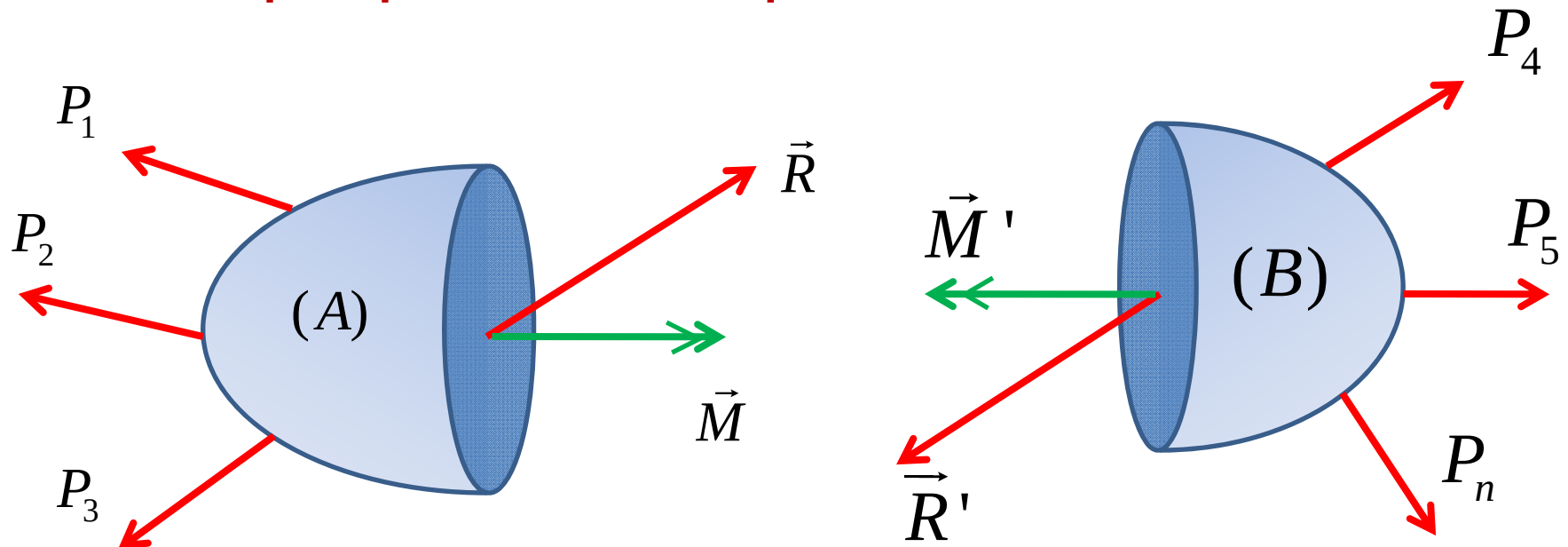
b. Phương pháp khảo sát: *Phương pháp mặt cắt ngang*

Hệ nội lực phân bố trên toàn mặt cắt

→ Hợp lực của chúng là một vector $\vec{R}$ bất kì.

Khi đưa về trọng tâm của mặt cắt

→ Thu được một vector $\vec{R}$ và một moment $\vec{M}$



1. Các khái niệm cơ bản về *Cơ học vật rắn biến dạng*

Ứng suất

Các khái niệm về ứng suất:

*Xét một diện tích rất nhỏ ΔF tại một điểm C trên mặt cắt của phần A.
Hợp lực của nội lực trên ΔF là $\Delta \vec{P}$*

Định nghĩa ứng suất trung bình tại C: $\vec{p}_{tb} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta F}$

Ứng suất thực tại C: $\vec{p} = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta F} = \frac{d\vec{P}}{dF}$

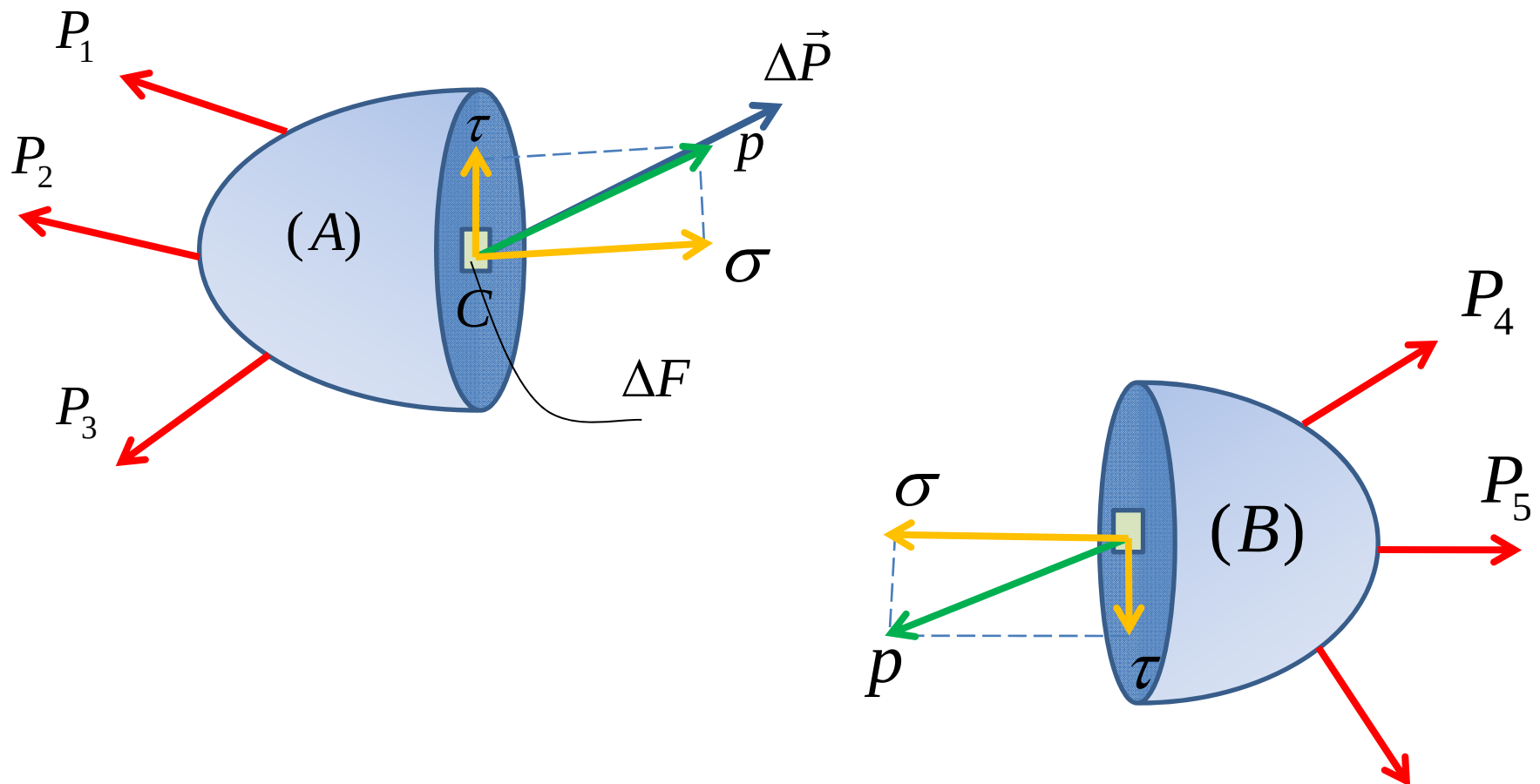
Ứng suất p được phân thành 2 thành phần:

σ : *Ứng suất pháp* hướng theo pháp tuyến mặt cắt

τ : *Ứng suất tiếp* nằm trong mặt cắt

$$p^2 = \sigma^2 + \tau^2$$

1. Các khái niệm cơ bản về *Cơ học vật rắn biến dạng* Ứng suất

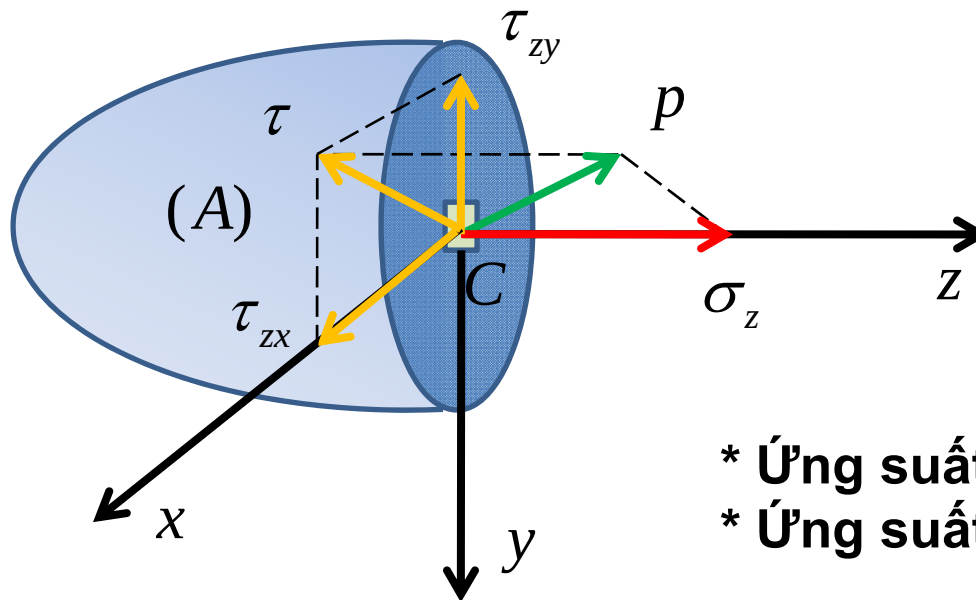


1. Các khái niệm cơ bản về *Cơ học vật rắn biến dạng*

Ứng suất

Gắn 1 hệ trục $Cxyz$ sao cho Cz trùng với phương pháp tuyến mặt cắt, ta được 3 thành phần ứng suất theo các phương như sau:

- * Ứng suất pháp: σ_z hướng theo phương z
- * Ứng suất tiếp: τ_{zx} hướng theo phương x
- * Ứng suất tiếp: τ_{zy} hướng theo phương y



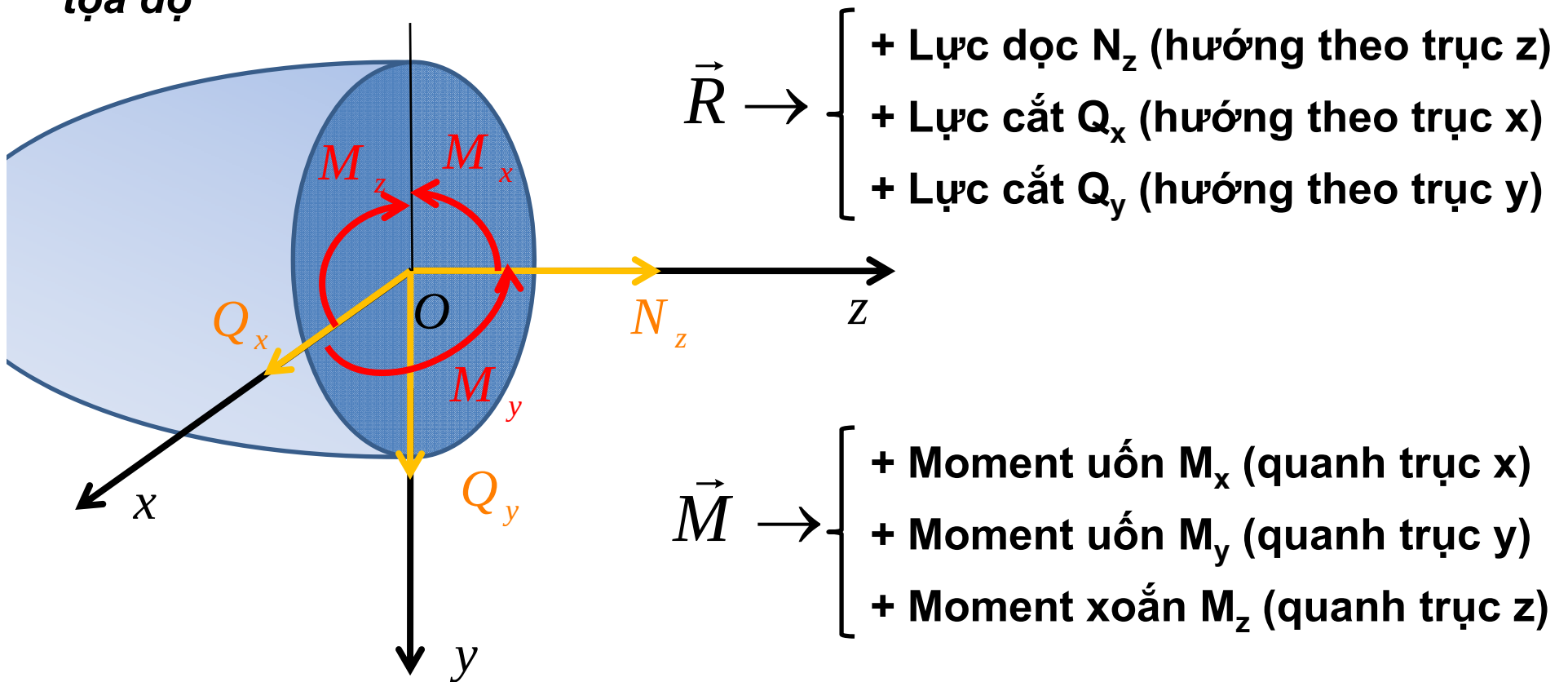
- * Ứng suất pháp: gây ra biến dạng dài
- * Ứng suất tiếp: gây ra biến dạng góc

2. Các thành phần nội lực và cách xác định

a. Các thành phần nội lực:

Tại trọng tâm O của mặt cắt ta gắn vào hệ trục tọa độ Oxyz

Chiếu hai thành phần thu gọn $\vec{R}$, $\vec{M}$ của hệ nội lực lên các phương tọa độ

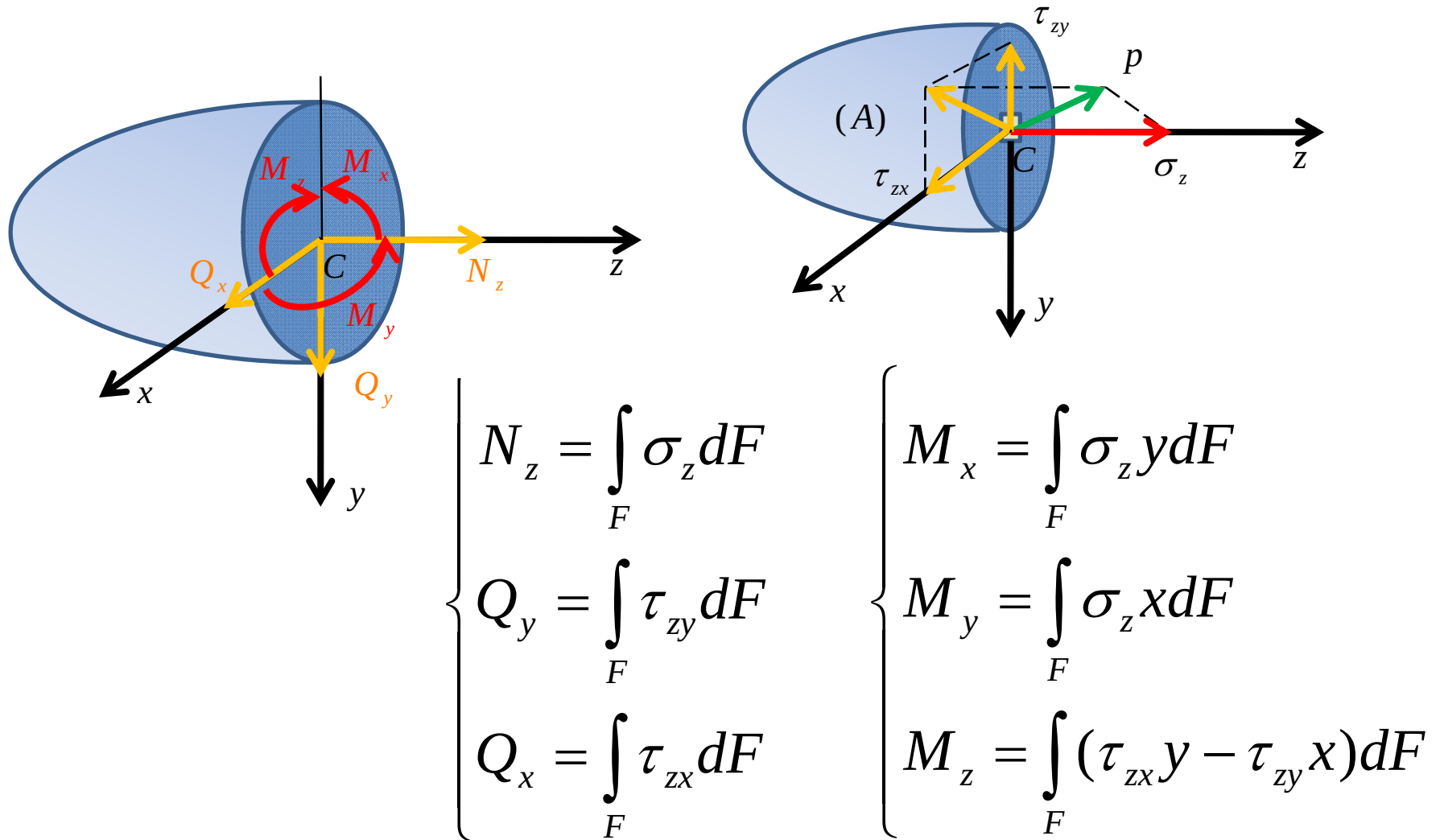


2. Các thành phần nội lực và cách xác định

b. Các xác định các thành phần nội lực:

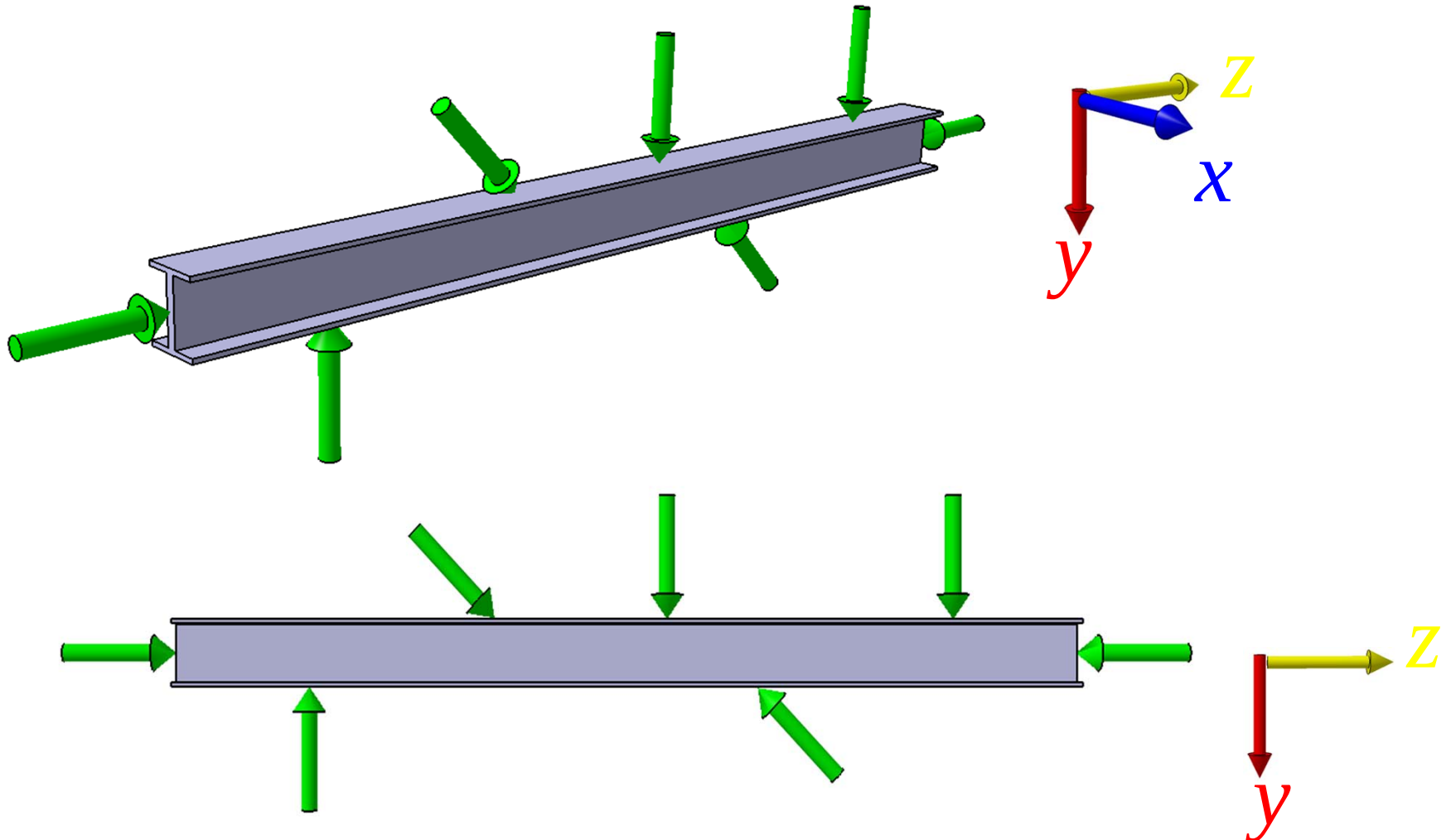
$$\left\{ \begin{array}{l} N_z + \sum_{i=1}^n P_{iz} = 0 \\ Q_y + \sum_{i=1}^n P_{iy} = 0 \\ Q_x + \sum_{i=1}^n P_{ix} = 0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} M_z + \sum_{i=1}^n M_z(P_i) = 0 \\ M_x + \sum_{i=1}^n M_x(P_i) = 0 \\ M_y + \sum_{i=1}^n M_y(P_i) = 0 \end{array} \right.$$

3. Liên hệ giữa các thành phần ứng suất và các thành phần nội lực



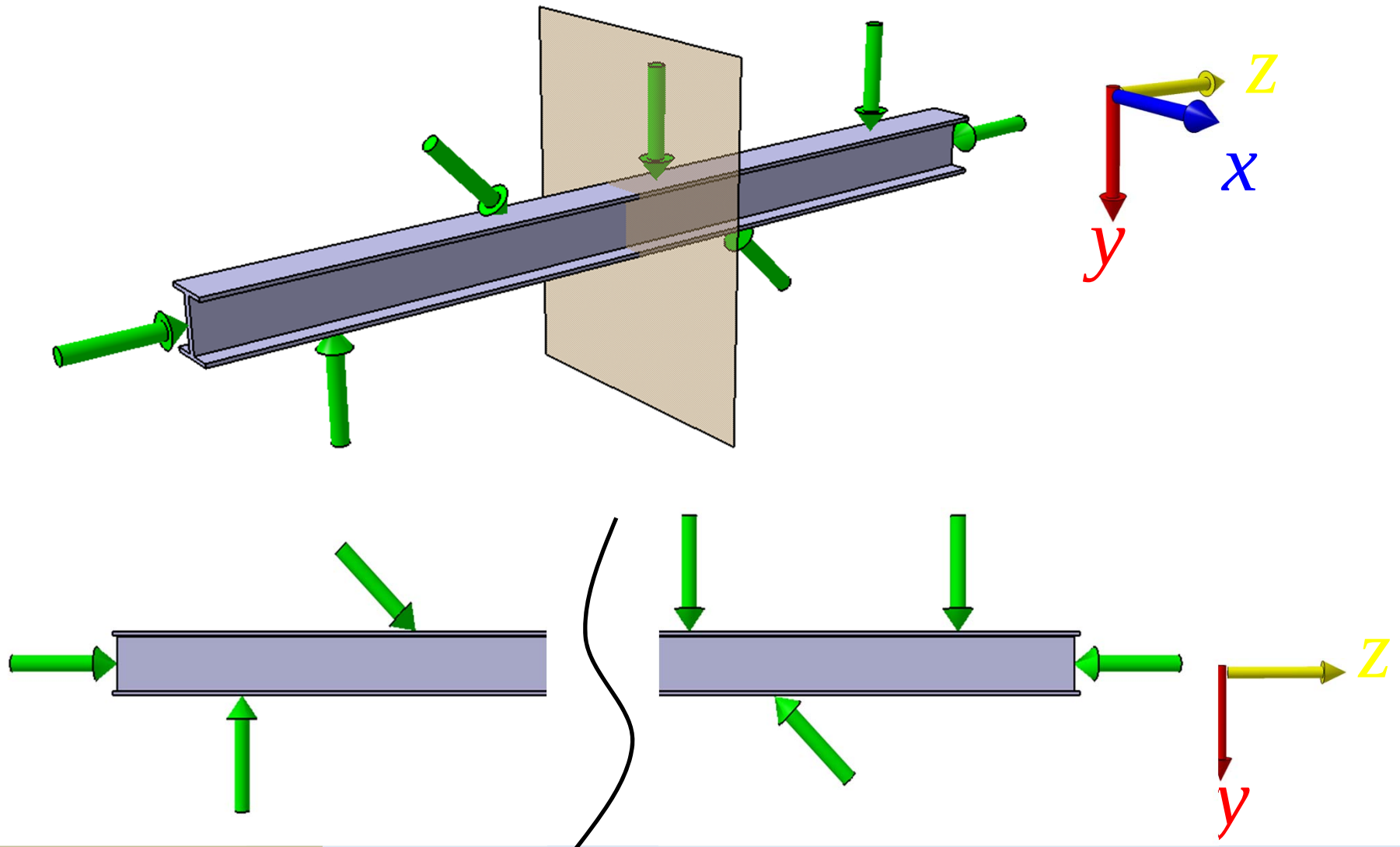
4. Bài toán phẳng

Khi ngoại lực tác dụng nằm trong một mặt phẳng chứa trục thanh thì nội lực cũng nằm trong mặt phẳng đó.

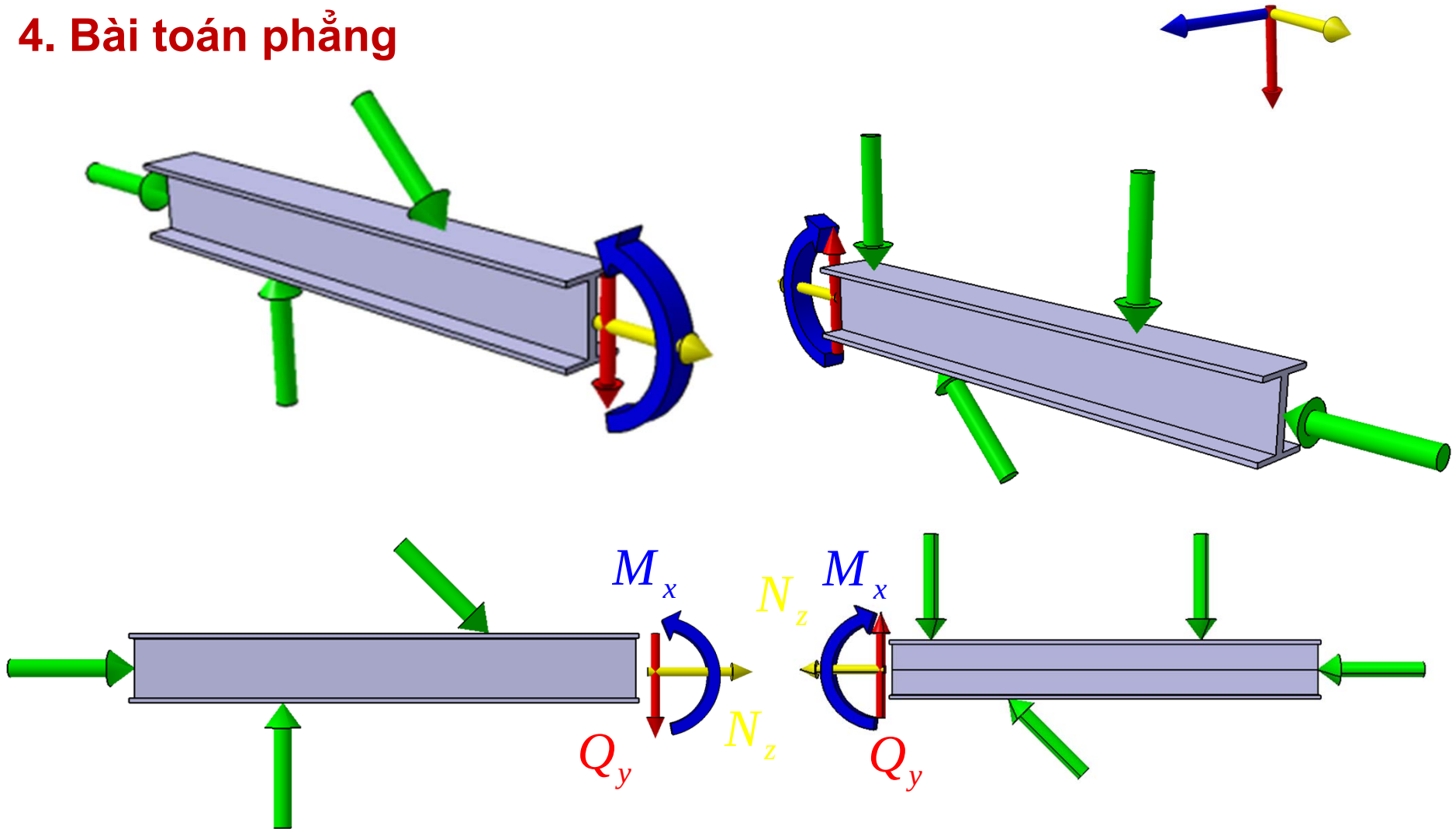


4. Bài toán phẳng

Dùng phương pháp mặt cắt ngang:



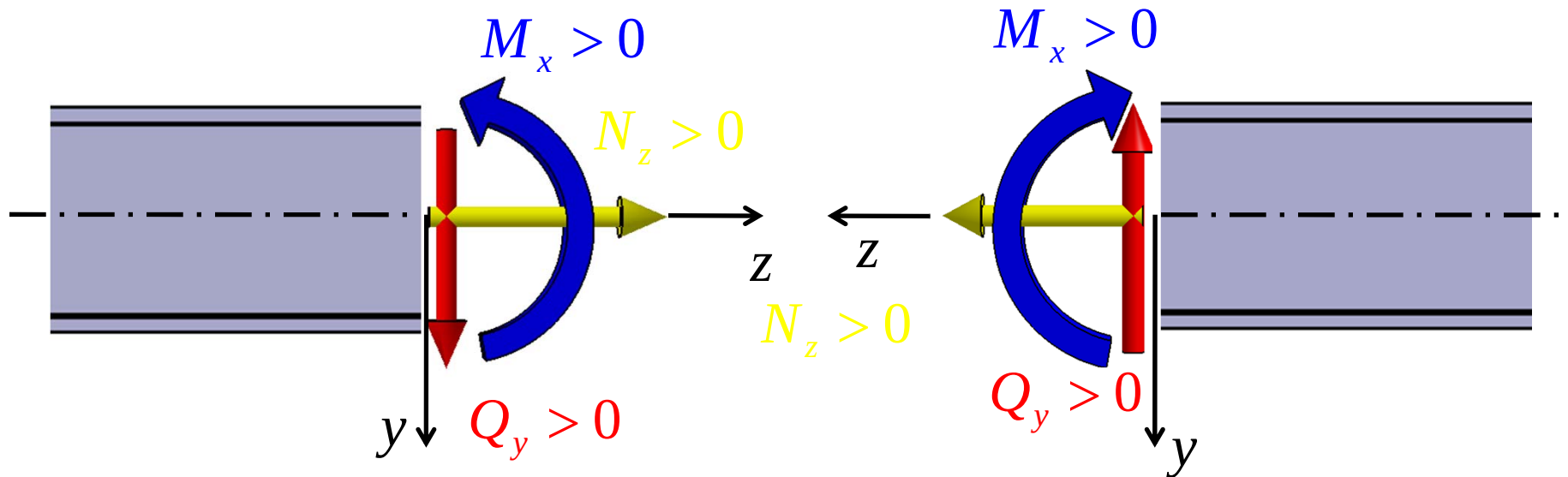
4. Bài toán phẳng



Chỉ có 3 thành phần N_z , M_x , Q_y nằm trong mặt phẳng yOz

4. Bài toán phẳng

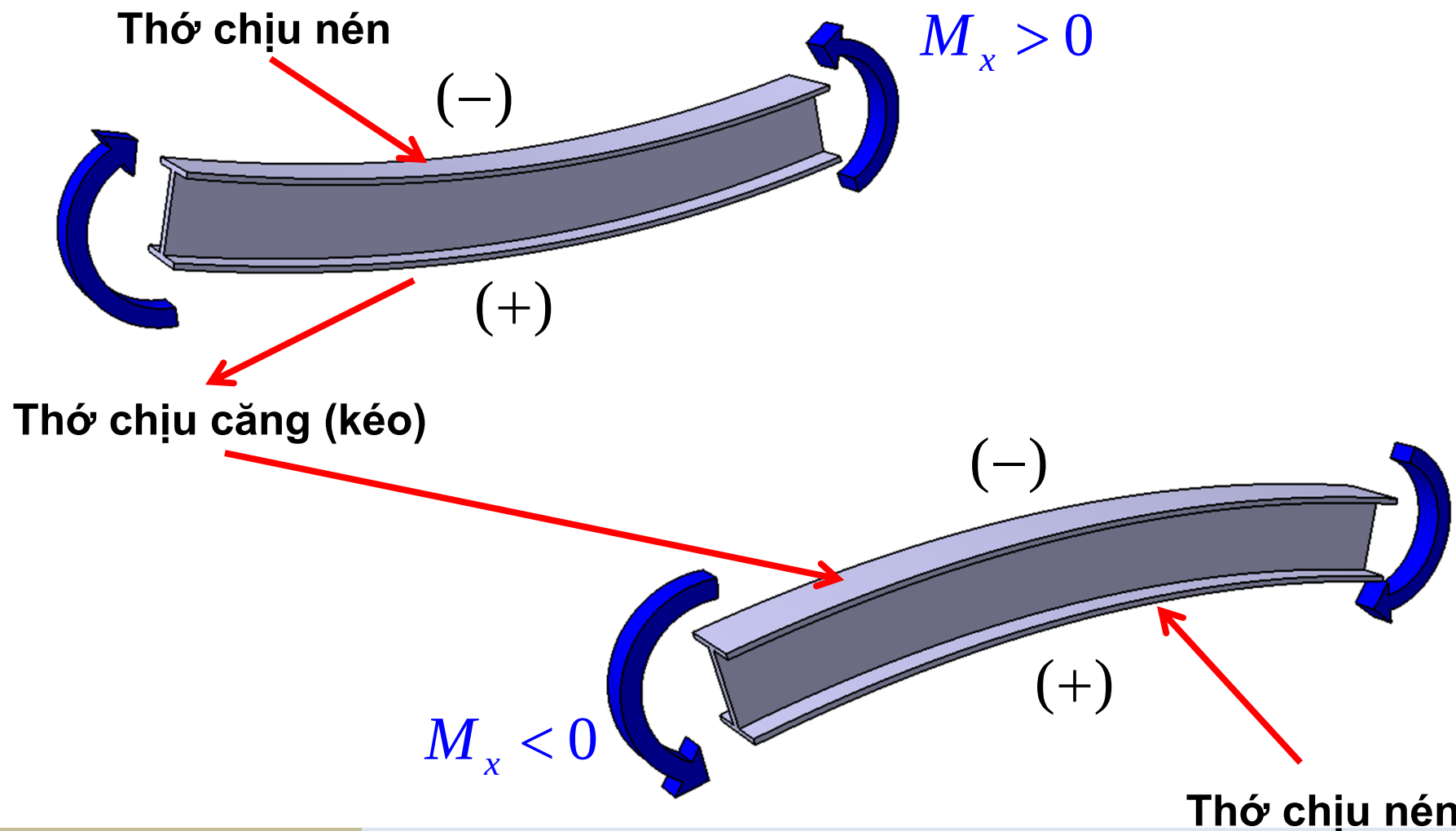
*** Quy ước dấu ***



- + $N_z > 0$: khi có chiều dương hướng ra ngoài mặt cắt
- + $Q_y > 0$: khi quay vector pháp tuyến 1 góc 90° theo chiều kim đồng hồ
- + $M_x > 0$: khi làm căng thớ dương của trục y (thớ dưới)

4. Bài toán phẳng

*** Quy ước dấu ***



5. Biểu đồ nội lực cho bài toán phẳng

- **Biểu đồ nội lực:** là đồ thị biểu diễn sự biến thiên của nội lực theo vị trí, từ đó ta suy ra mặt cắt nguy hiểm là mặt cắt tại đó trị số nội lực là lớn nhất.
- **Phương pháp giải tích:** Ta dùng một mặt cắt bất kì có hoành độ z , viết biểu thức nội lực theo z rồi vẽ đồ thị.

Quy ước:

- Biểu đồ nội lực cắt Q_y , moment uốn M_x tung độ dương biểu diễn ở trên trục hoành ((+) thì vẽ ở trên, (-) thì vẽ ở dưới).

5. Biểu đồ nội lực cho bài toán phẳng

Trình tự vẽ biểu đồ nội lực

Phương pháp giải tích

Bước 1: Giải phóng liên kết, xác định các phản lực

Bước 2: Phân đoạn theo điều kiện sao cho mỗi đoạn thanh không có sự thay đổi đột ngột về lực (đối với khung còn thêm điều kiện: trên mỗi đoạn khung không có sự thay đổi về phương của khung).

Bước 3: Phân tích các thành phần nội lực trên từng đoạn thanh, sau đó dùng phương trình cân bằng tĩnh học để viết biểu thức cho từng đoạn.

Bước 4: Vẽ biểu đồ nội lực (tương tự như khảo sát hàm số)

5. Biểu đồ nội lực cho bài toán phẳng

Trình tự vẽ biểu đồ nội lực

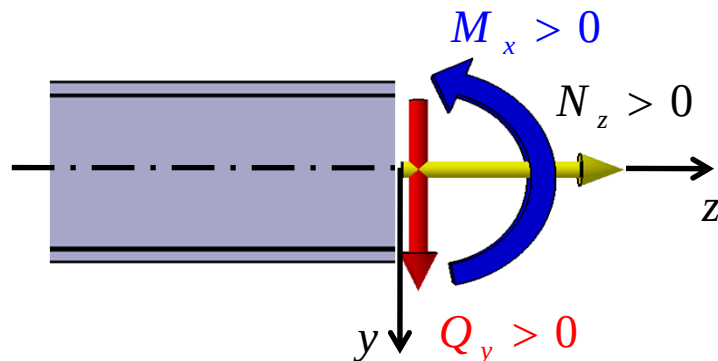
Phương pháp “vẽ nhanh”

Bước 1: Giải phóng liên kết, xác định các phản lực

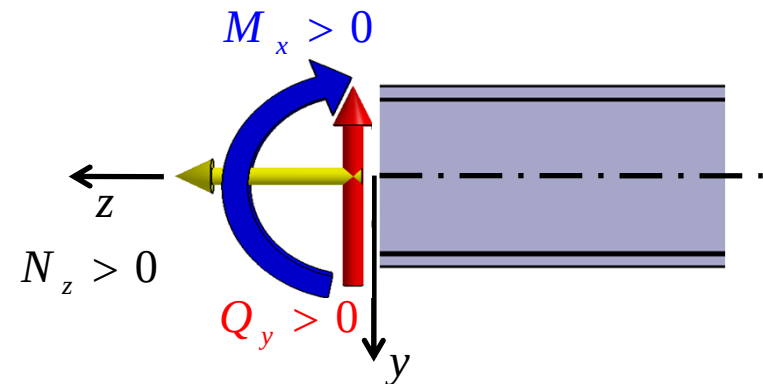
Bước 2: Phân đoạn theo điều kiện sao cho mỗi đoạn thanh không có sự thay đổi đột ngột về lực.

Bước 3: Xác định vẽ biểu đồ từ trái sang phải hoặc từ phải sang trái.
Dùng mặt cắt cắt lần lượt theo chiều vẽ đã chọn

Bước 4: Vẽ nhanh các biểu đồ nội lực



Quy ước dấu khi vẽ từ trái sang phải



Quy ước dấu khi vẽ từ phải sang trái

5. Biểu đồ nội lực cho bài toán phẳng

Trình tự vẽ biểu đồ nội lực

Phương pháp “*vẽ nhanh*”

Bước 4: *Vẽ nhanh các biểu đồ nội lực*

Biểu đồ lực dọc trục N_z : (*Quan tâm các thành phần lực theo phương z*)

- N_z = tổng các lực theo phương z tính từ mặt cắt đang xét đến phần thanh còn lại
- Các lực cùng chiều với quy ước dương của N_z sẽ mang dấu âm (-) (lực nén)
- Các lực ngược chiều với quy ước dương của N_z sẽ mang dấu dương(+) (lực kéo)

5. Biểu đồ nội lực cho bài toán phẳng

Trình tự vẽ biểu đồ nội lực

Phương pháp “*vẽ nhanh*”

Bước 4: *Vẽ nhanh biểu đồ nội lực*

Biểu đồ lực cắt Q_y : (*Quan tâm các thành phần lực theo phương y*)

- Q_y = tổng các lực theo phương y tính từ mặt cắt đang xét đến phần thanh còn lại
- Các lực cùng chiều với quy ước dương của Q_y sẽ mang dấu âm (-)
- Các lực ngược chiều với quy ước dương của Q_y sẽ mang dấu dương(+)

5. Biểu đồ nội lực cho bài toán phẳng

Trình tự vẽ biểu đồ nội lực

Phương pháp “vẽ nhanh”

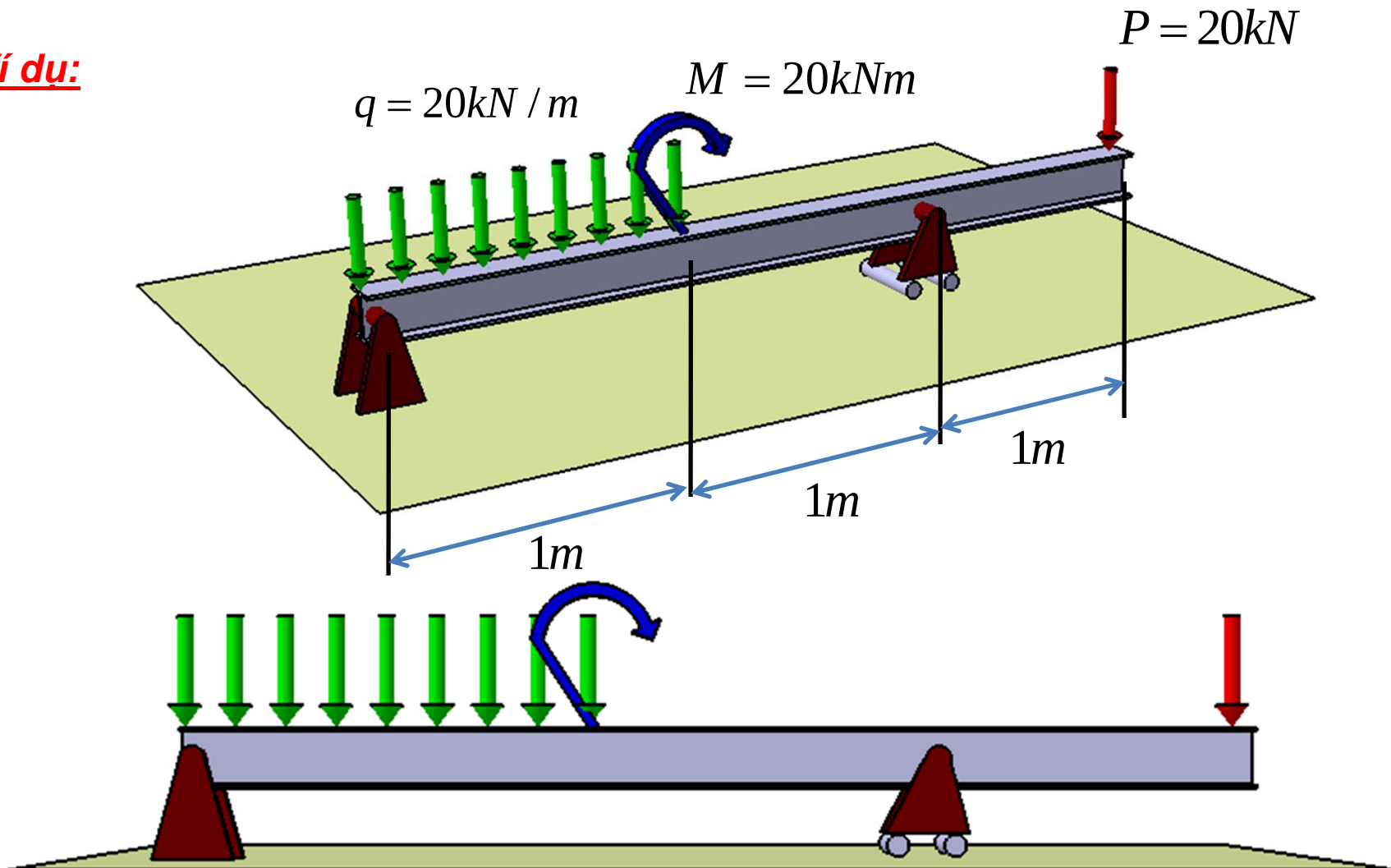
Bước 4: Vẽ nhanh biểu đồ nội lực

Biểu đồ moment uốn M_x : (Quan tâm các thành phần lực theo phương y và các moment tập trung)

- M_x = tổng các moment do các lực theo phương y, các moment tập trung gây ra đối với mặt cắt đang xét (tính từ mặt cắt đang xét đến phần thanh còn lại)
- Các moment làm căng thớ dưới sẽ mang dấu dương (+)
- Các moment làm căng thớ trên sẽ mang dấu âm (-)

5. Biểu đồ nội lực cho bài toán phẳng

Ví dụ:



***** Xem file hướng dẫn bài tập *****

5. Biểu đồ nội lực cho bài toán phẳng

Một số đặc điểm các biểu đồ nội lực

Ta có:
$$\begin{cases} \frac{dM_x(z)}{dz} = Q_y(z) \\ \frac{dQ_y(z)}{dz} = q(z) \end{cases} \quad \text{(Tham khảo thêm sách)}$$

1. Trên thanh, đoạn có lực phân bố là hằng số thì biểu đồ Q_y là đường bậc nhất, M_x là đường cong bậc 2 (parabol)
2. Những đoạn không có lực phân bố, biểu đồ Q_y là hằng số, M_x là đường bậc nhất.
3. Đồ thị M_x đạt cực trị tại vị trí $Q_y = 0$.
4. Xét từ trái sang phải, nếu Q_y tăng thì M_x lõm, nếu Q_y giảm thì M_x lồi.
5. Tại vị trí có lực tập trung, biểu đồ Q_y sẽ có bước nhảy, độ lớn bước nhảy là độ lớn lực tập trung.
6. Xét từ trái sang phải, chiều của bước nhảy là chiều của lực tập trung.
7. Tại vị trí có moment tập trung, biểu đồ M_x có bước nhảy, độ lớn bước nhảy là độ lớn của moment tập trung.
8. Tại vị trí có moment phân bố, biểu đồ M_x là đường bậc nhất