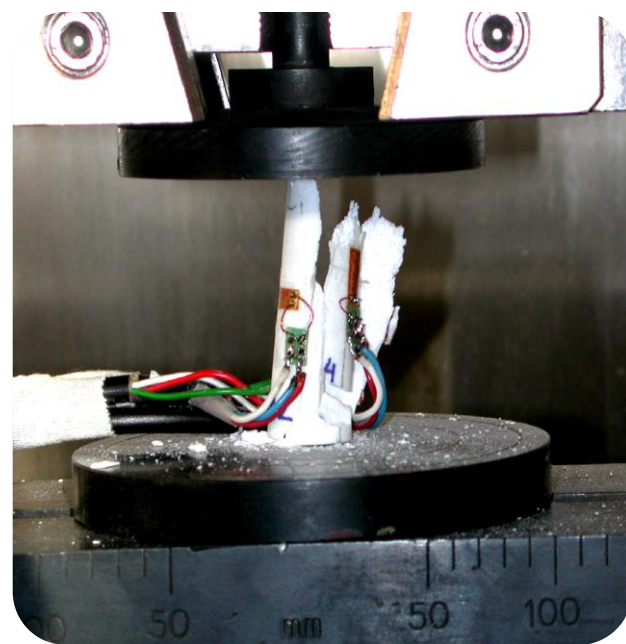


# WYTRZYMAŁOŚĆ MATERIAŁÓW - CZ. I



# PLAN WYKŁADU



- Wprowadzenie
- Klasyfikacja elementów konstrukcyjnych
- Rodzaje sił w wytrzymałości materiałów
- Proste stany obciążenia
- Przemieszczenie, odkształcenie a naprężenie
- Literatura



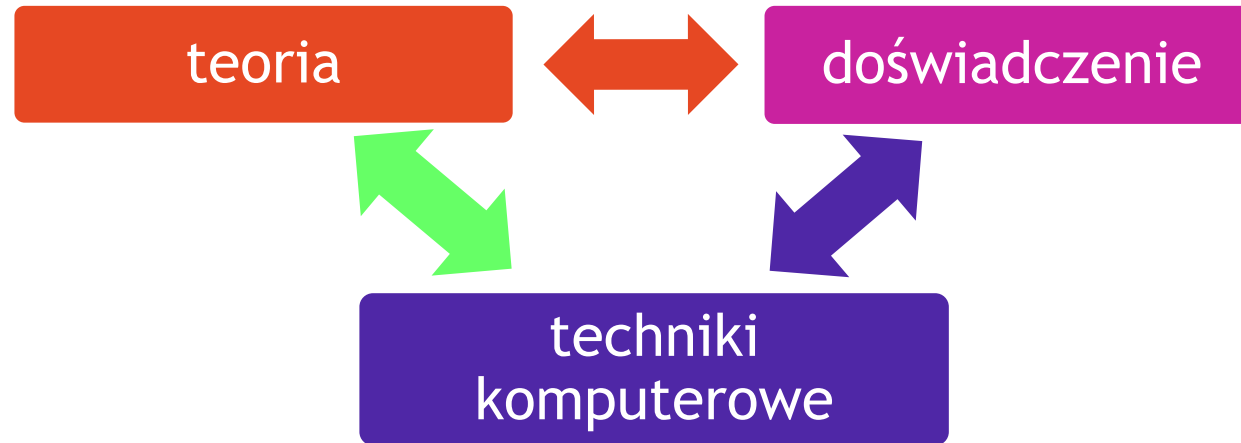
# WPROWADZENIE

Wytrzymałość materiałów jest:

- działem mechaniki (stosowanej) ciał odkształcalnych, a podstawy teoretyczne czerpie z mechaniki ośrodków ciągłych, teorii sprężystości i teorii plastyczności,
- nauką, która uwzględniając zdolność ciał stałych do odkształceń zajmuje się przede wszystkim badaniem i ustalaniem zależności odkształceń od sił zewnętrznych działających na dane ciało,
- nauką o trwałości spotykanych w praktyce typowych elementów konstrukcji, poddanych działaniu obciążenia zewnętrznego (sił lub momentów)



# WPROWADZENIE

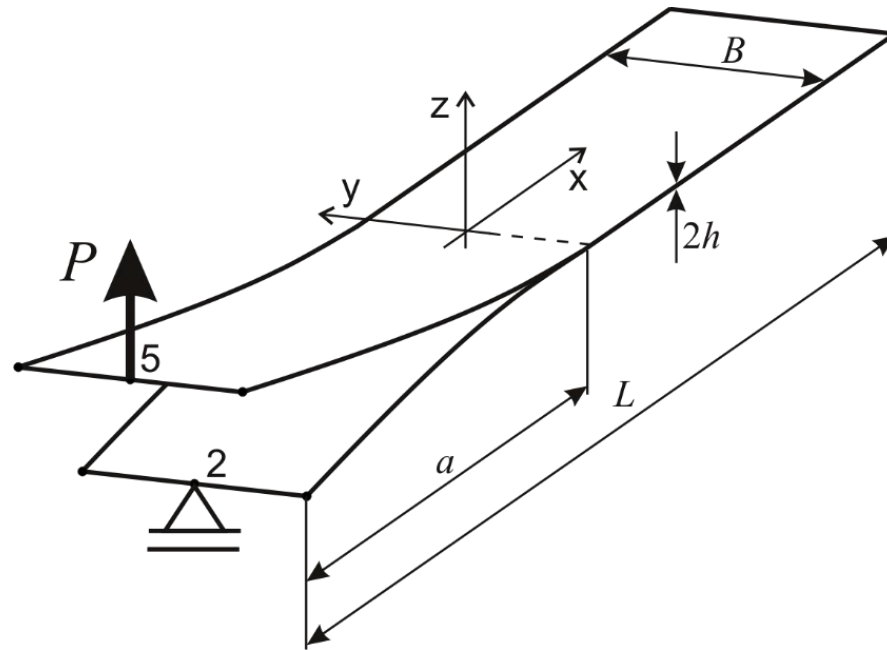


Przedmiotem wytrzymałości materiałów są obliczenia teoretyczne (głównie-zastosowanie zasad statyki) i badania doświadczalne procesów odkształcania i niszczenia ciał pod wpływem różnorodnych obciążeń (sił); obecnie szerokie zastosowanie mają metody komputerowe, komplementarne w stosunku do badań doświadczalnych, pozwalające na automatyzację obliczeń.

# WPROWADZENIE

Zadania wytrzymałości materiałów to:

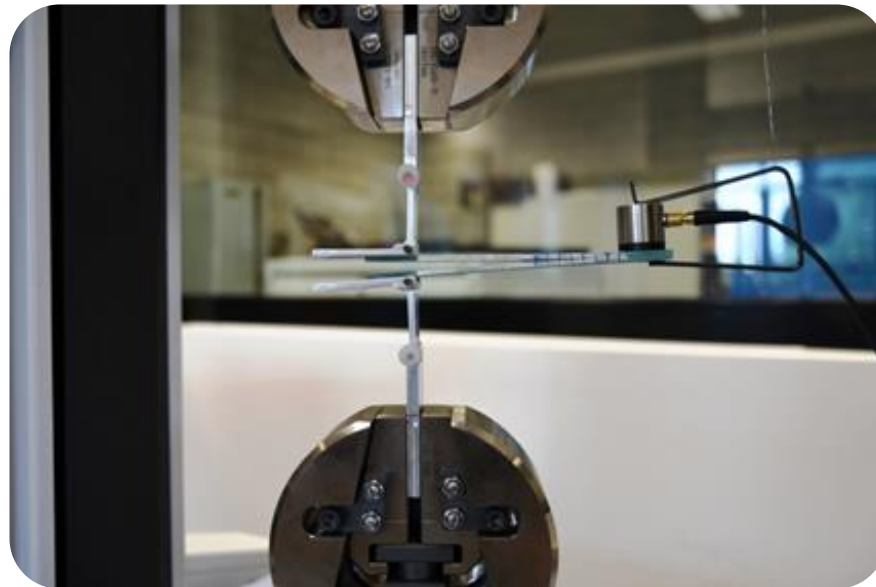
- poznanie skutków działania obciążeń w konkretnych warunkach zamocowania i obciążenia rozpatrywanej części
- poznanie zdolności materiałów do przenoszenia różnych obciążeń oraz sprawdzenie wypracowanych metod obliczeniowych



# WPROWADZENIE

Wytrzymałość materiałów umożliwia ocenę pewności pracy danej części lub całego ustroju i wypracowuje metody obliczeniowe oceny ich trwałości i niezawodności poprzez sprawdzenie trzech warunków:

- warunku wytrzymałości (obciążenia dopuszczalne),
- warunku sztywności (odkształcenia dopuszczalne),
- warunku stateczności (dopuszczalne zmiany kształtu)

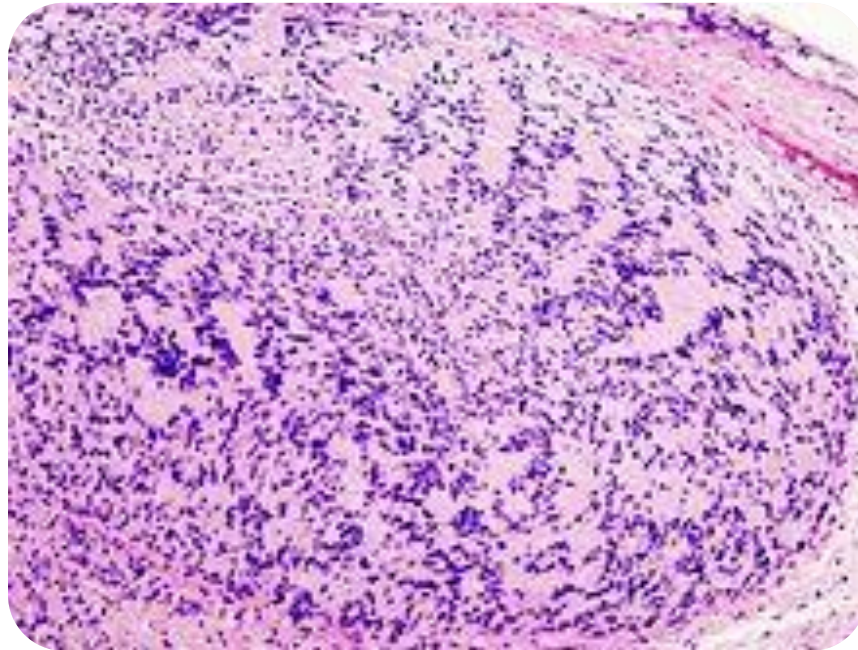


# WPROWADZENIE

Założenie o jednorodności materiału implikuje jego ciągłość, co pozwala zastosować metody analizy matematycznej (różniczkowanie i całkowanie)

Często spotykane są też założenia o:

- ✓ doskonałej sprężystości materiału,
- ✓ izotropowości materiału



# WPROWADZENIE



Uproszczenia dotyczą właściwości materiału i opisu kształtu ciała, a także sposobu działania obciążenia; mają one na celu uzyskanie tzw. **schematu obliczeniowego**, w którym zachowane zostaną tylko najważniejsze cechy obiektu rzeczywistego

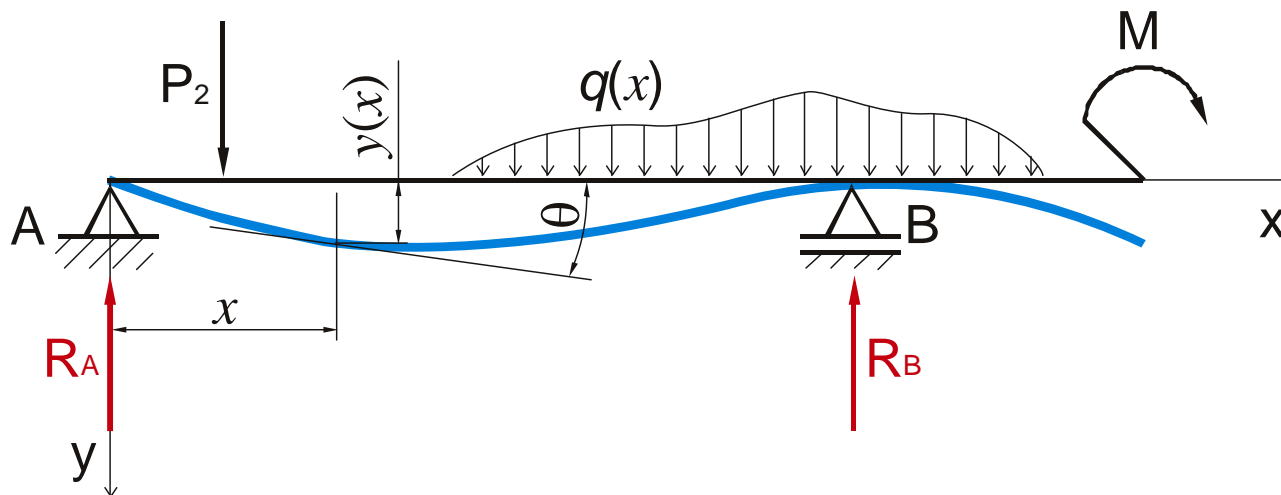


# WPROWADZENIE



W wielu statycznych zagadnieniach wytrzymałości materiałów przyjmuje się, że:

- siły zewnętrzne narastają od zera do maksimum w sposób ciągły i powolny,
- poszczególne oddziaływania są wzajemnie niezależne (umożliwia to stosowanie zasady superpozycji),
- w zakresie małych odkształceń elementy są liniowo sprężyste,
- obowiązuje zasada zeszywnienia, tzn. nie uwzględnia się przemieszczeń punktów przyłożenia sił,

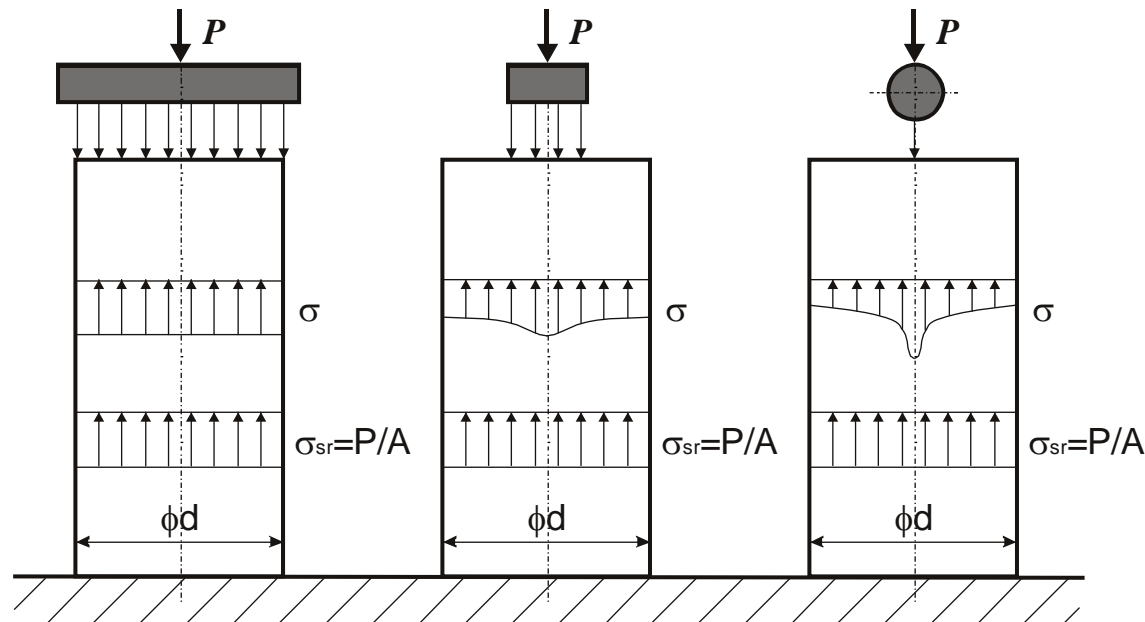


# WPROWADZENIE



W wielu statycznych zagadnieniach wytrzymałości materiałów przyjmuje się, że:

- odkształcenia zanikają po usunięciu obciążenia (doskonała sprężystość),
- poprzeczne przekroje prętów (początkowo płaskie) pozostają płaskie po obciążeniu (**hipoteza Bernoulliego**),
- sposób przyłożenia obciążenia ma wpływ na rozkład naprężeń tylko w niewielkim obszarze (**zasada Barré de Saint-Venanta**)





## Elementy konstrukcyjne

Pręty

Ustroje  
powierzchniowe  
(cienkościenne)

Bryły  
(masywy)

# KLASYFIKACJA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH



Pręty= części o jednym wymiarze (długość)  
znacznie większym od dwóch pozostałych i osi  
prostej lub krzywoliniowej

słup

wieszak

łuk

ciągno

sprężyna

belka



# KLASYFIKACJA ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

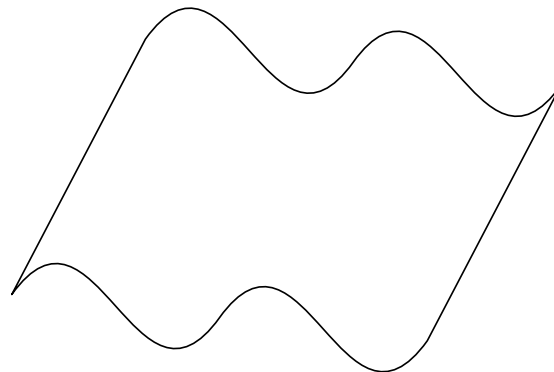


Ustroje powierzchniowe (cienkościenne) - elementy o jednym wymiarze (grubość) znacznie mniejszym od dwóch pozostałych i powierzchni środkowej płaskiej lub zakrzywionej

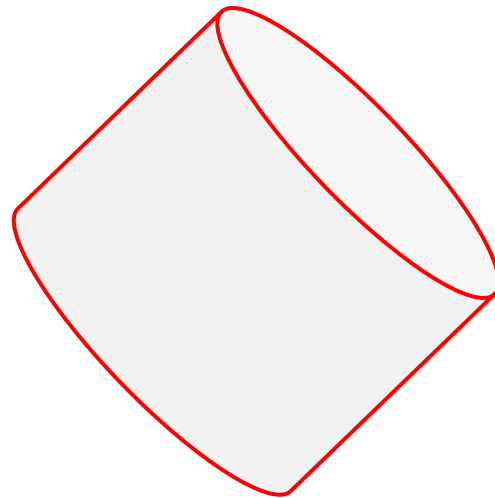
tarcza

płyta

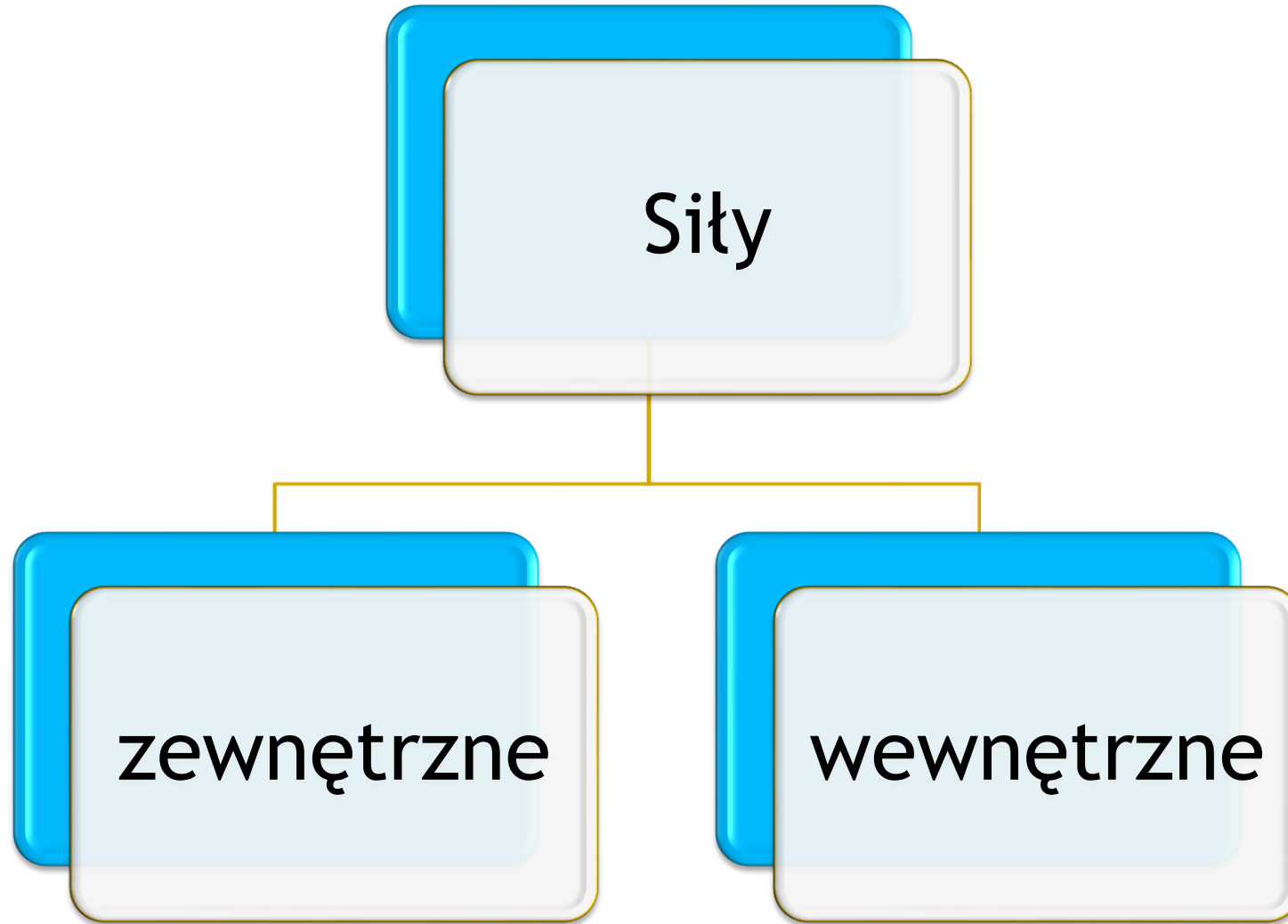
powłoka



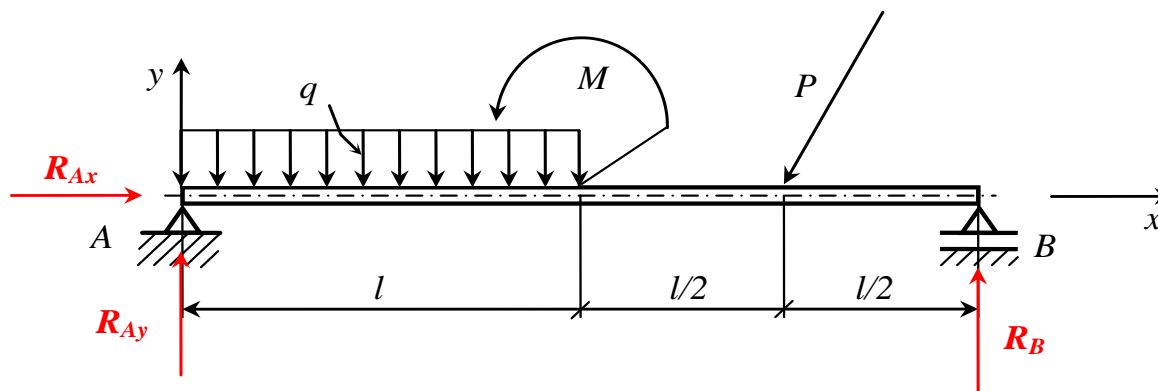
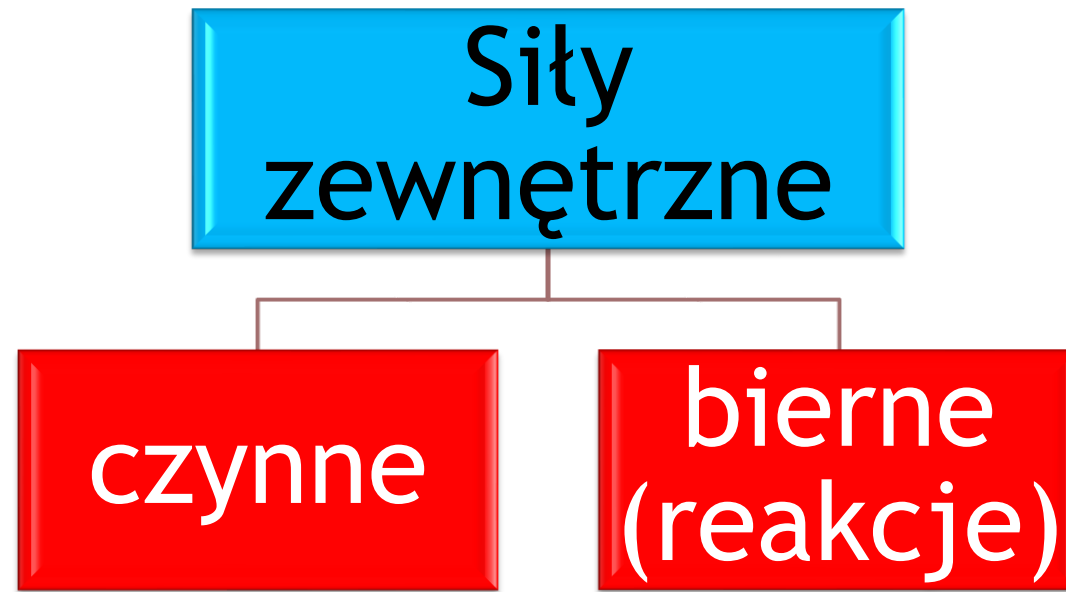
Bryły (masywy) - części posiadające wszystkie wymiary tego samego rzędu wielkości



# RODZAJE SIŁ W WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW

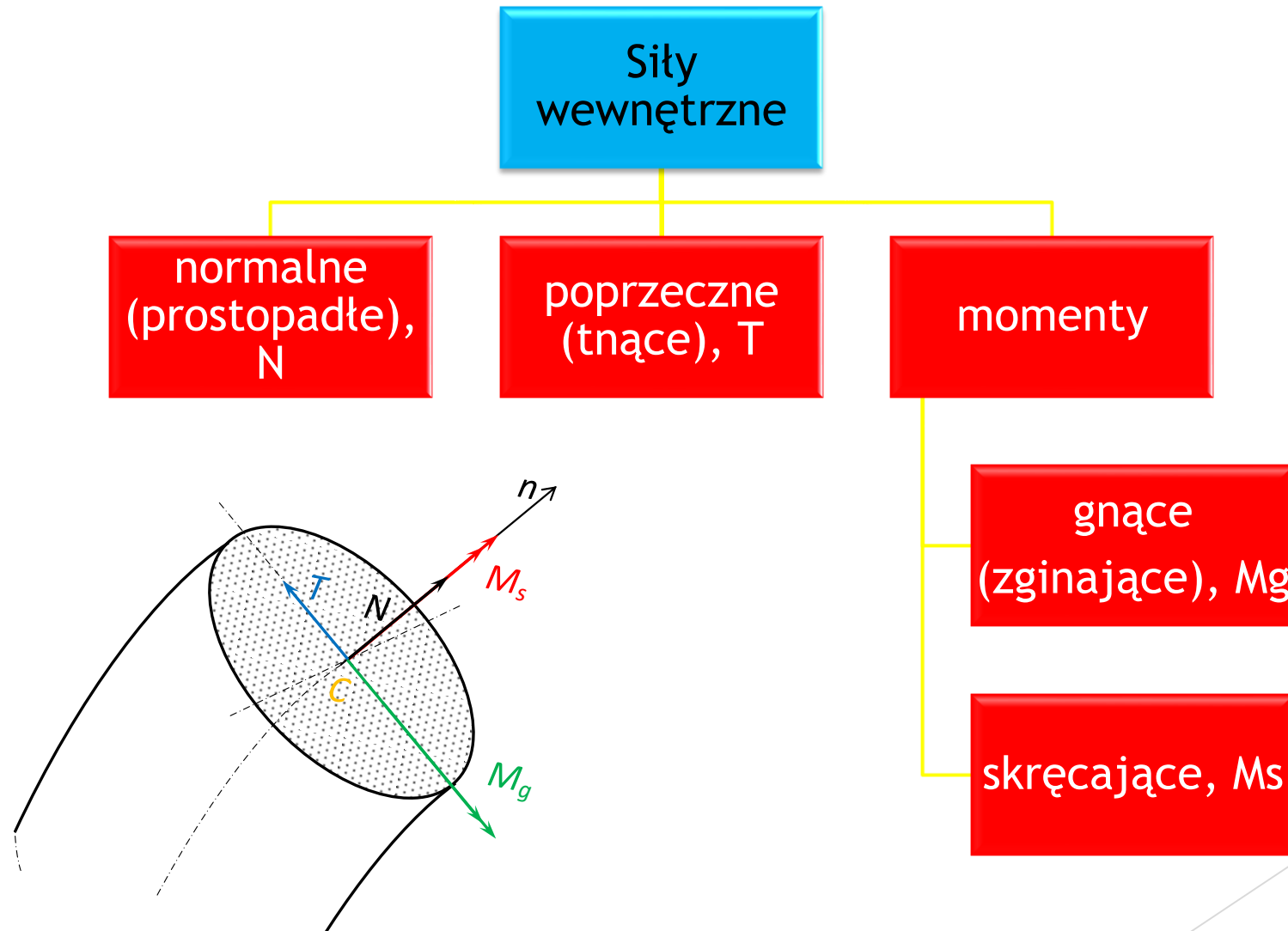


# RODZAJE SIŁ W WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW



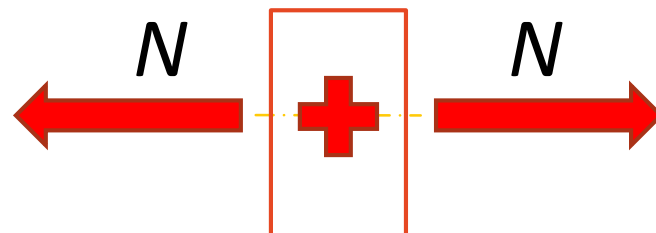


# RODZAJE SIŁ W WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW

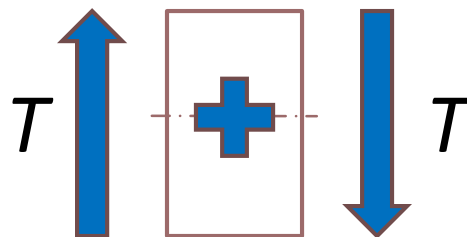


# RODZAJE SIŁ W WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW

**Siłą** (wewnętrzną) **normalną** ( $N$ ) w danym przekroju elementu (pręta) nazywa się sumę rzutów wszystkich sił działających po jednej stronie przekroju na kierunku normalny do tego przekroju

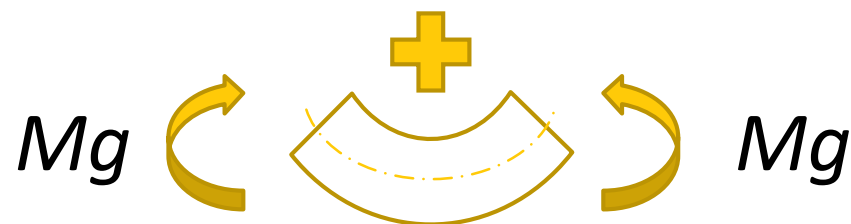


**Siłą tnącą** (poprzeczną) ( $T$ ) w danym przekroju elementu (belki) nazywa się sumę rzutów wszystkich sił działających po jednej stronie przekroju na kierunku styczny do tego przekroju

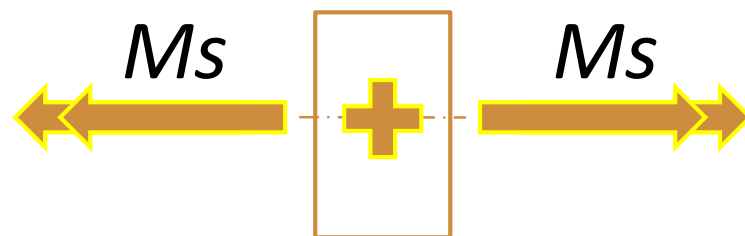


# RODZAJE SIŁ W WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW

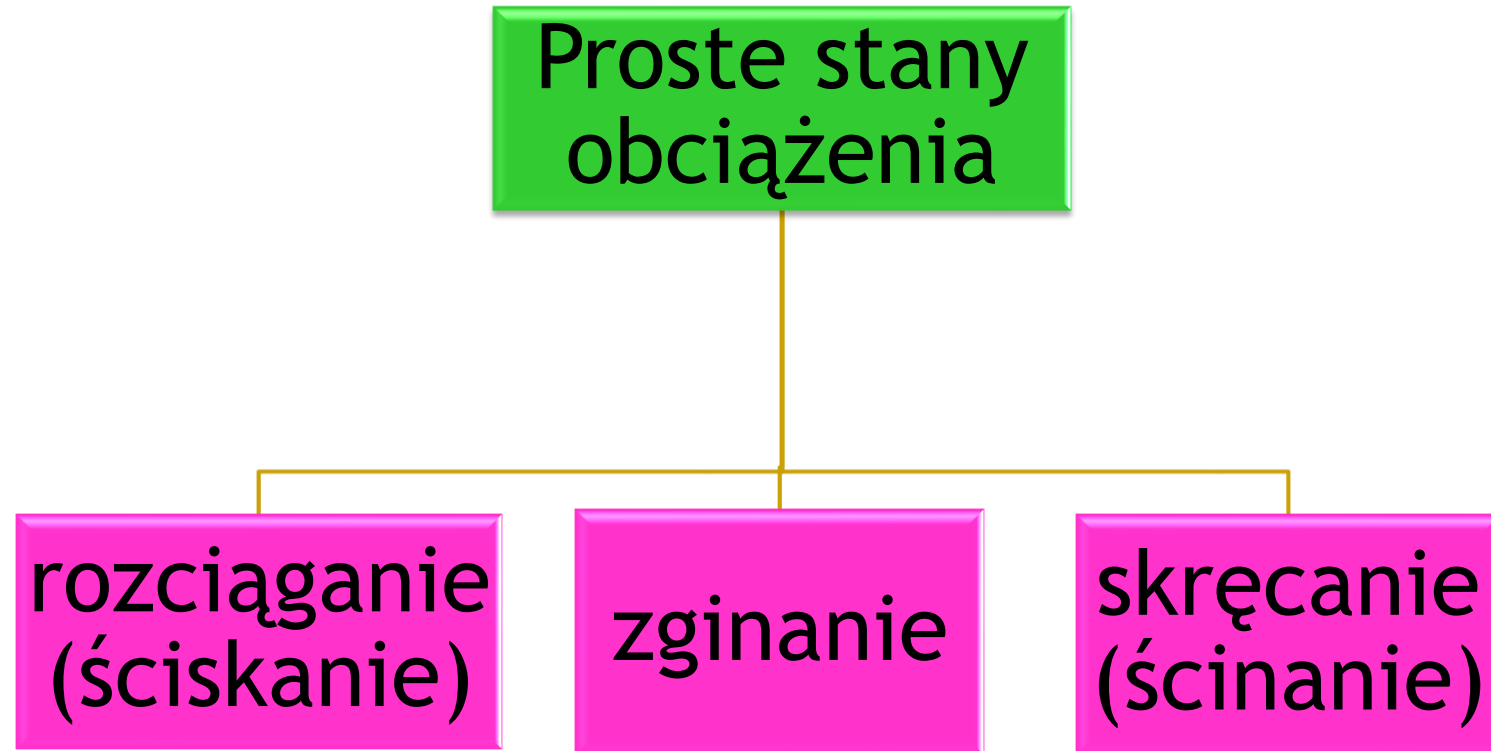
**Momentem gnącym** w danym przekroju poprzecznym elementu (belki) nazywa się składową styczną wektora momentu wszystkich sił działających po jednej stronie tego przekroju, względem jego środka geometrycznego



**Momentem skręcającym** w danym przekroju poprzecznym elementu (wału) nazywa się składową normalną wektora momentu wszystkich sił działających po jednej stronie tego przekroju, względem jego środka geometrycznego



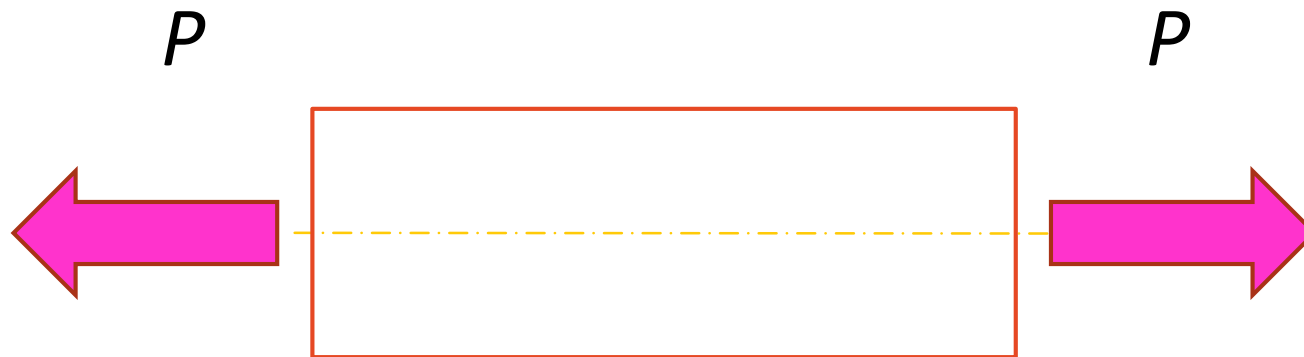
# PROSTE STANY OBCIĄŻENIA



# PROSTE STANY OBCIĄŻENIA



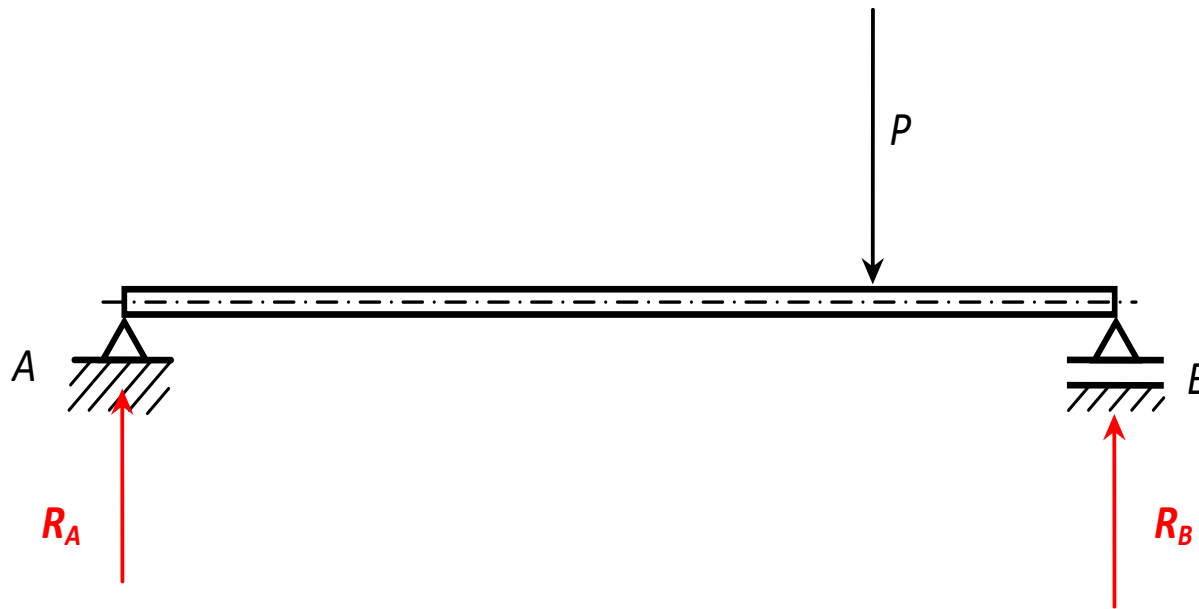
(proste) rozciąganie lub ściskanie pręta powodują dwie siły równe co do wartości, przeciwnie zwrócone, działające wzdłuż osi (linii środkowej) pręta



# PROSTE STANY OBCIĄŻENIA



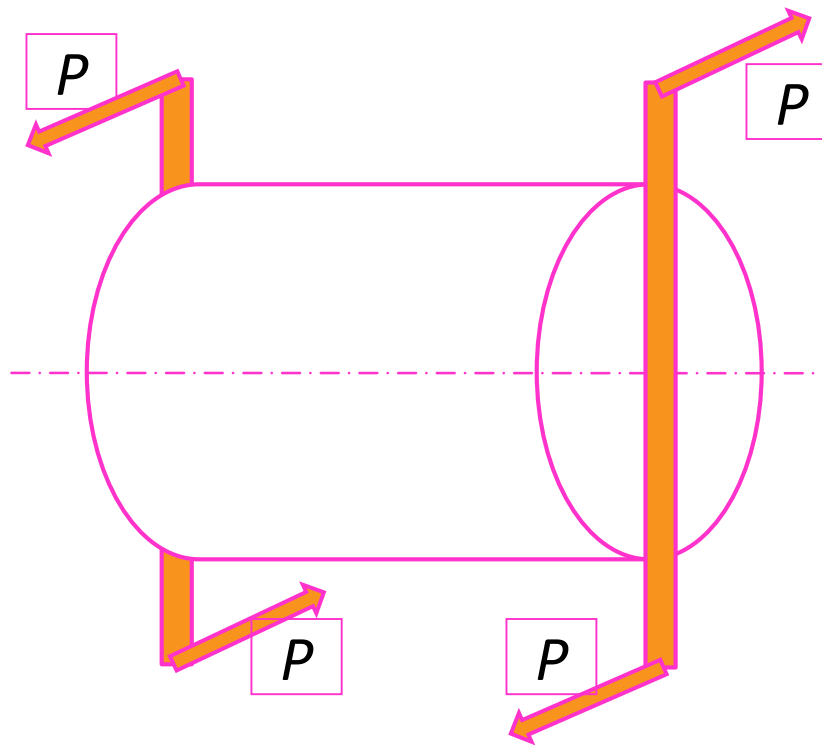
(proste) zginanie pręta wywołują siły zewnętrzne, działające prostopadłe do osi pręta, których linie działania nie pokrywają się i które leżą w jednej i tej samej płaszczyźnie z osią pręta



# PROSTE STANY OBCIĄŻENIA

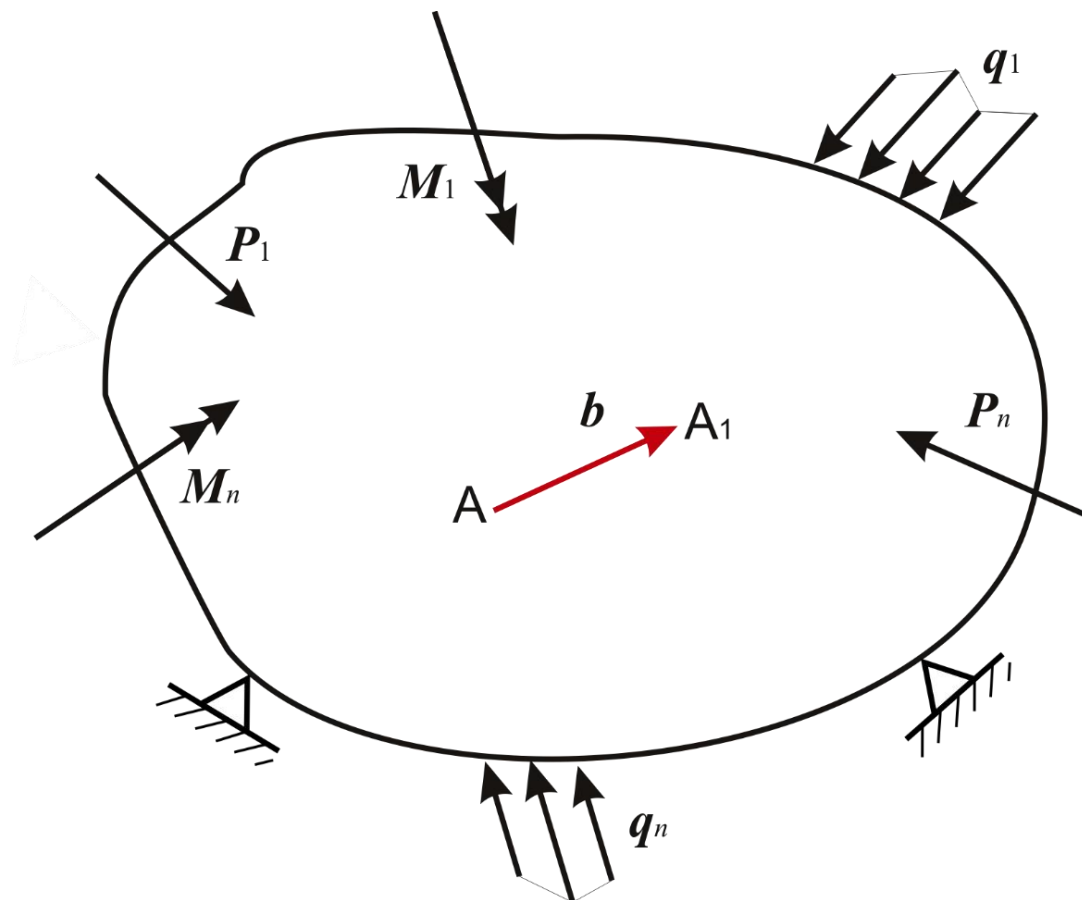


(proste) skręcanie powodują dwie pary sił działające w dwu różnych płaszczyznach prostopadłych do osi pręta



# PRZEMIESZCZENIE, ODKSZTAŁCENIE A NAPRĘŻENIE

Przemieszczeniem (**b**) punktu materialnego A ciała sprężystego nazywa się **wektor**, którego początkiem jest ten punkt w stanie pierwotnym ciała, a końcem punkt  $A_1$ , określający nowe położenie punktu A (po zmianie stanu ciała)



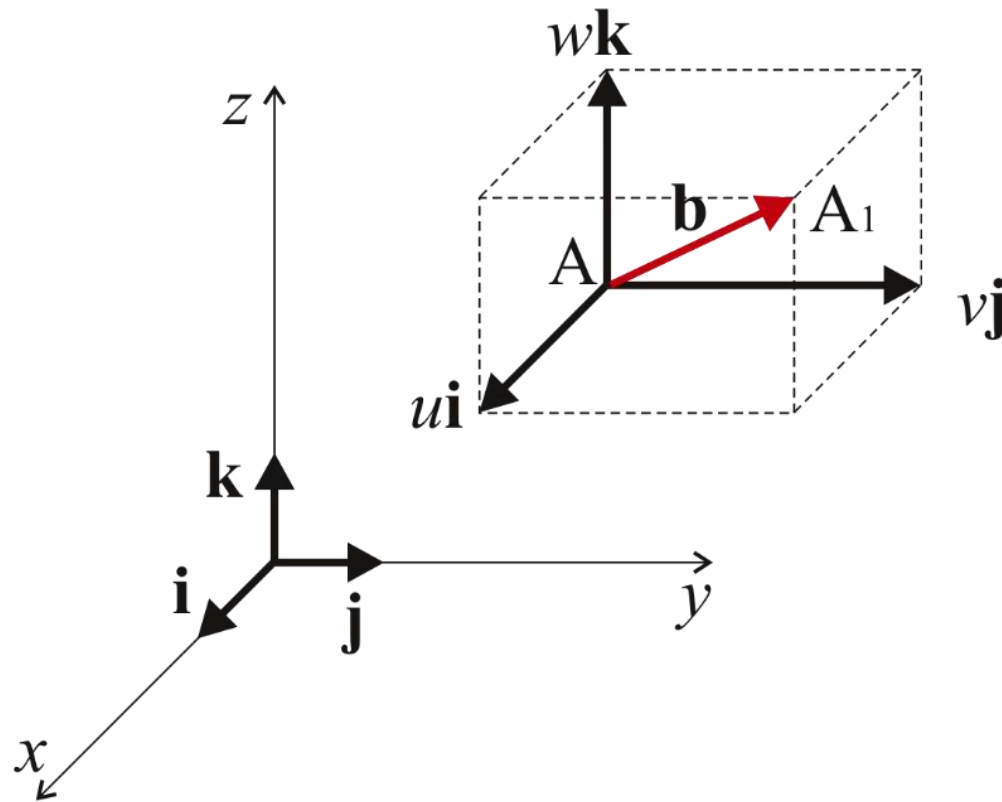
$$\mathbf{b} = \overline{AA_1}$$



# PRZEMIESZCZENIE, ODKSZTAŁCENIE A NAPRĘŻENIE

W prostokątnym układzie współrzędnych  $x, y, z$ , wartości **składowych wektora przemieszczenia  $\mathbf{b}$**  punktu  $A$  oznacza się na ogół symbolami – odpowiednio -  $u, v, w$ ;

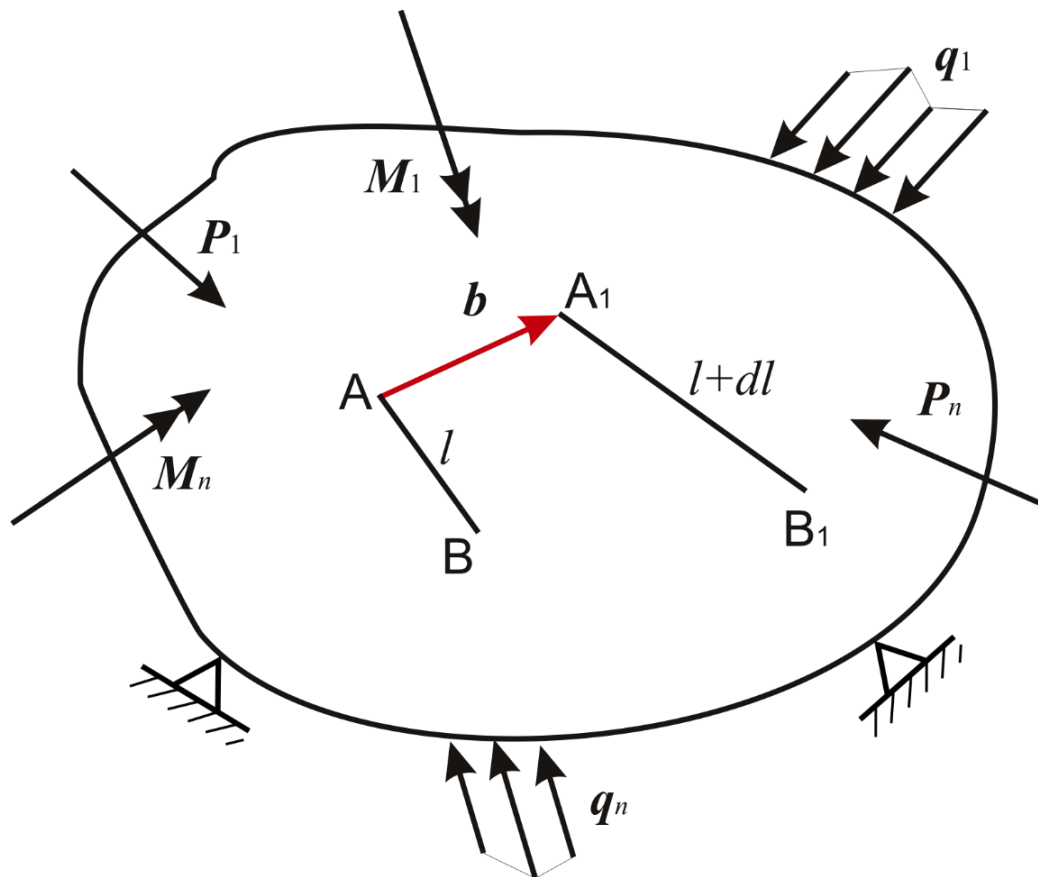
Wprowadzając **wersory  $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$**  osi układu odniesienia można zapisać wektor przemieszczenia  $\mathbf{b}$  jako:



$$\mathbf{b} = u\mathbf{i} + v\mathbf{j} + w\mathbf{k}$$

# PRZEMIESZCZENIE, ODKSZTAŁCENIE A NAPRĘŻENIE

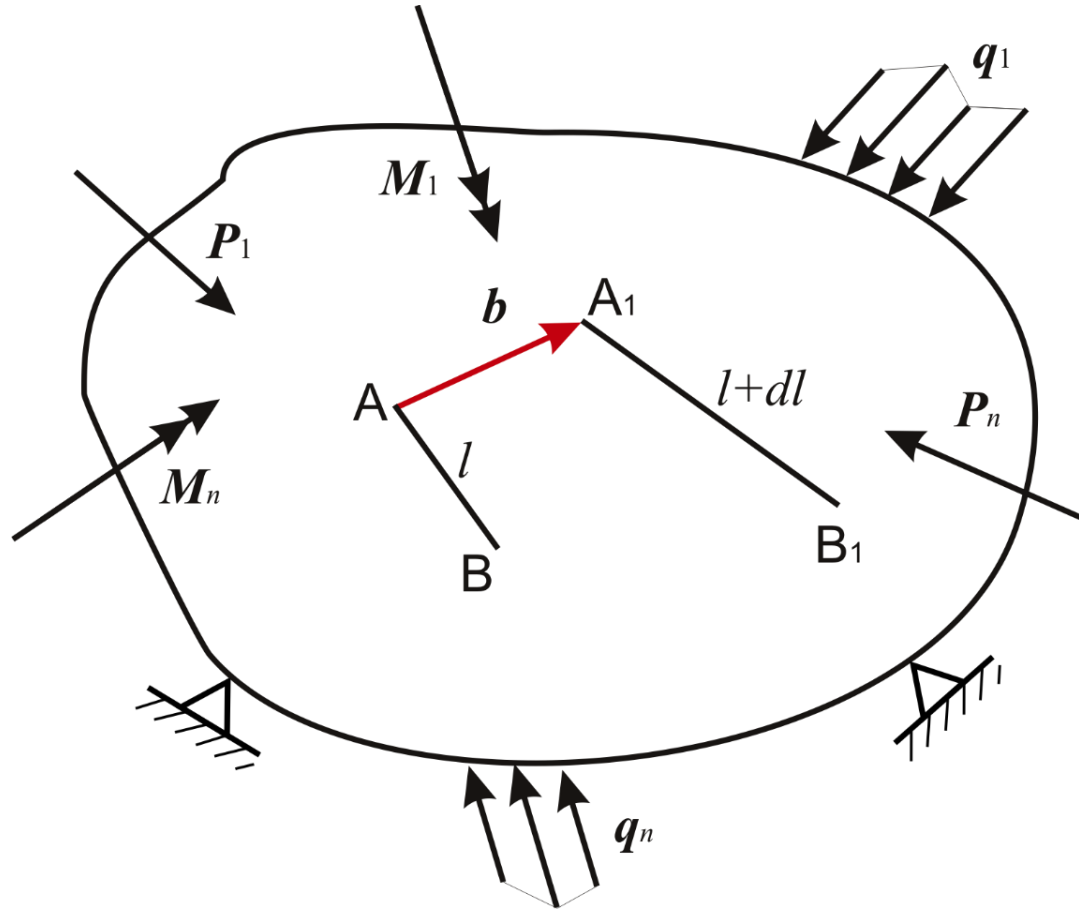
Liniowym odkształceniem względnym ( $\varepsilon$ ) ciała materialnego w punkcie A w kierunku AB nazywa się granicę do której dąży stosunek długości  $|A_1B_1|$  odcinka  $AB$ , zmienionej działaniem sił zewnętrznych, do jego długości pierwotnej  $|AB|$ , gdy długość tegoż odcinka dąży do zera, tzn. gdy punkt B jest bardzo blisko punktu A



$$\varepsilon = \lim_{|AB| \rightarrow 0} \frac{|A_1B_1|}{|AB|} = \lim_{l \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{l}$$

# PRZEMIESZCZENIE, ODKSZTAŁCENIE A NAPRĘŻENIE

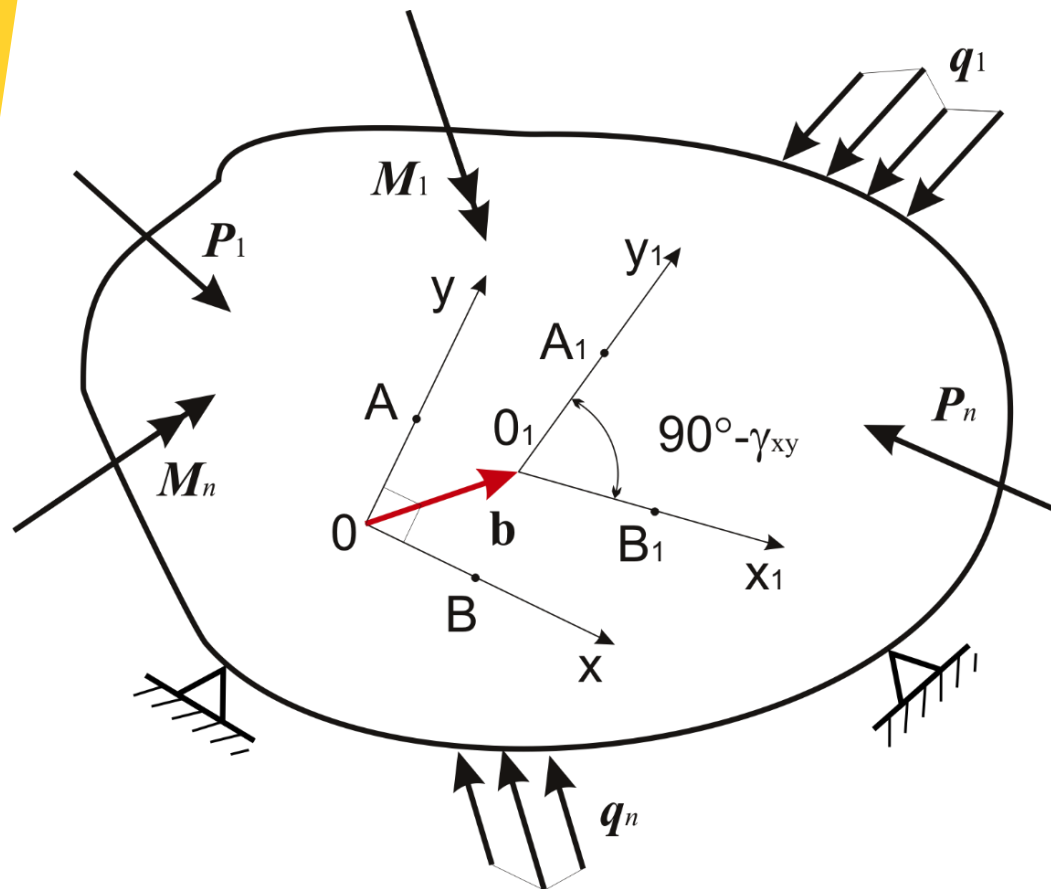
Średnim (liniowym) odkształceniem względnym ( $\varepsilon_{sr}$ ) ciała materialnego w kierunku AB nazywa się iloraz przyrostu długości odcinka AB do jego długości pierwotnej:



$$\varepsilon_{sr} = \frac{\Delta l}{l}$$

# PRZEMIESZCZENIE, ODKSZTAŁCENIE A NAPRĘŻENIE

Odkształceniem postaciowym lub kątem odkształcenia postaciowego ( $\gamma$  [rad]) ciała materialnego w punkcie 0 nazywa się granicę, do której dąży zmiana kąta pomiędzy początkowo prostokątnymi odcinkami przecinającymi się w punkcie 0, gdy długości tych odcinków dążą do zera



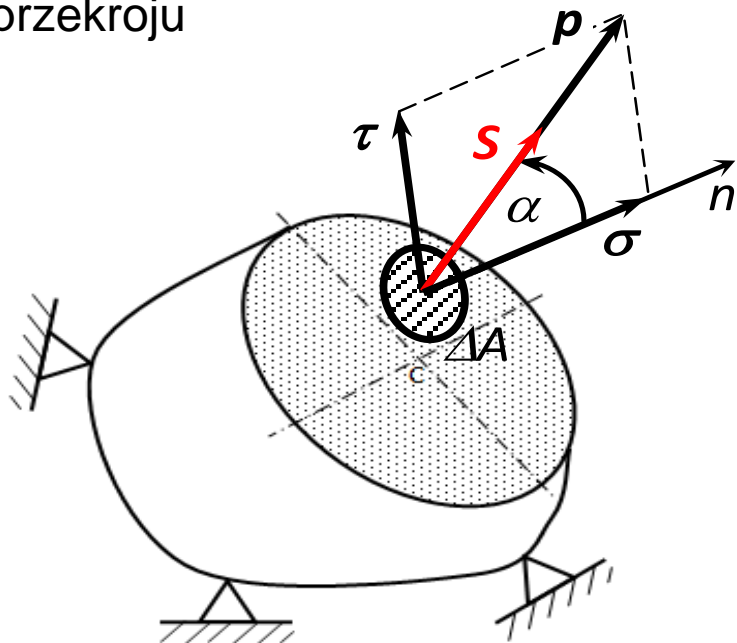
$$\gamma_{xy} = \lim_{\substack{|OA| \rightarrow 0 \\ |OB| \rightarrow 0}} (\angle AOB - \angle A_1O_1B_1)$$

# PRZEMIESZCZENIE, ODKSZTAŁCENIE A NAPRĘŻENIE

Naprężeniem ( $p$ ) nazywa się iloraz nieskończenie małej wypadkowej siły spójności  $dS$  przez nieskończenie małe pole rozważanego przekroju  $dA$ :

$$\mathbf{p} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta A} = \frac{dS}{dA}$$

Siła  $S$  nie musi być prostopadła do przekroju  $A$  i może zmieniać się po polu tego przekroju

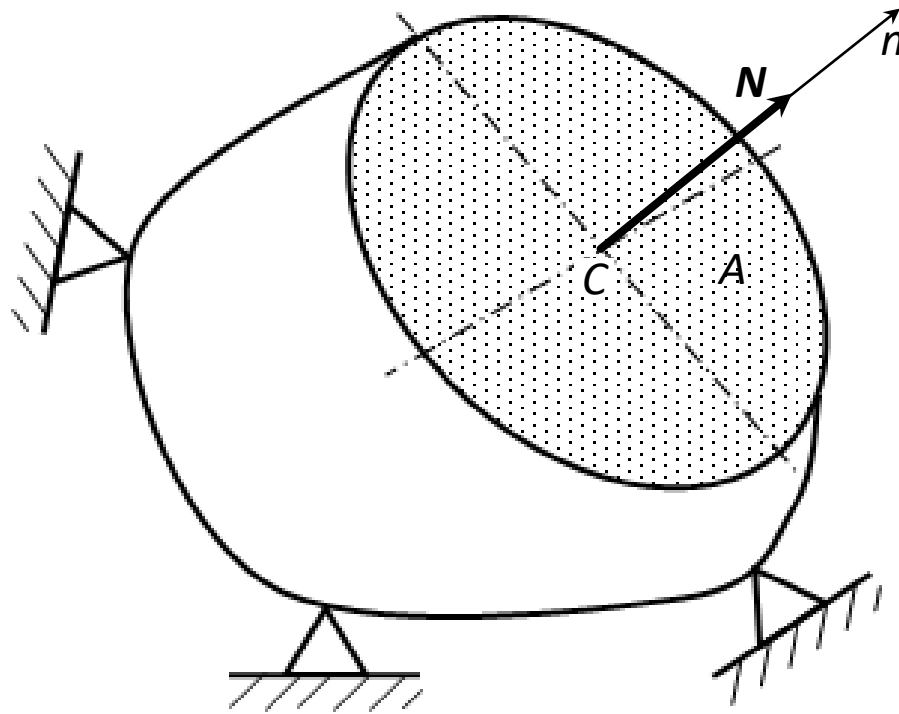


$$\sigma = p \cos \alpha, \tau = p \sin \alpha$$

# PRZEMIESZCZENIE, ODKSZTAŁCENIE A NAPRĘŻENIE

Średnim naprężeniem normalnym ( $\sigma_{sr}$ ) w danym przekroju ciała nazywa się iloraz siły normalnej  $N$  w tym przekroju przez pole jego powierzchni  $A$ :

$$\sigma_{sr} = \frac{N}{A}$$



Jednostki naprężenia:

$$[\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, \quad \text{MPa} = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad 10\text{MPa} = \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}]$$

# LITERATURA



- ✓ (R. Kurowski, M.E. Niezgodziński: „Wytrzymałość materiałów”, PWN, Warszawa 1966)
- ✓ M.E. Niezgodziński, T. Niezgodziński: „Wytrzymałość materiałów”, PWN, Warszawa, 1998
- ✓ Z. Brzoska: „Wytrzymałość materiałów”, PWN, Warszawa, 1983
- ✓ M.E. Niezgodziński, T. Niezgodziński: „Zadania z wytrzymałość materiałów”, WNT, Warszawa, 2002
- ✓ M. Banasiak, K. Grossman, M. Trombski: „Zbiór zadań z wytrzymałości materiałów”, PWN, Warszawa, 1998.
- ✓ C. Komorzycki, A. Teter: „Podstawy statyki i wytrzymałości materiałów”, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2000.
- ✓ J. Misiak: „Mechanika techniczna – t. 1: Statyka i wytrzymałość materiałów”, WNT, Warszawa, 2003

# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

## WYTRZYMAŁOŚĆ MATERIAŁÓW - cz. I

**POLITECHNIKA LUBELSKA**  
**Katedra Mechaniki Stosowanej**  
**dr hab. inż. Sylwester Samborski, prof. PL**

---

Projekt „Politechnika Lubelska - Regionalna Inicjatywa Doskonałości”  
- finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo  
Nauki  
i Szkolnictwa  
Wyższego

