

Fizyczne właściwości materiałów rolniczych

Właściwości mechaniczne

TRiL 1 rok

Stefan Cenkowski (UoM Canada)

Marek Markowski

Katedra Inżynierii Systemów

WNT UWM

Podstawowe koncepcje reologii

Reologia – nauka opisująca deformacje i płynięcie

• Przykłady

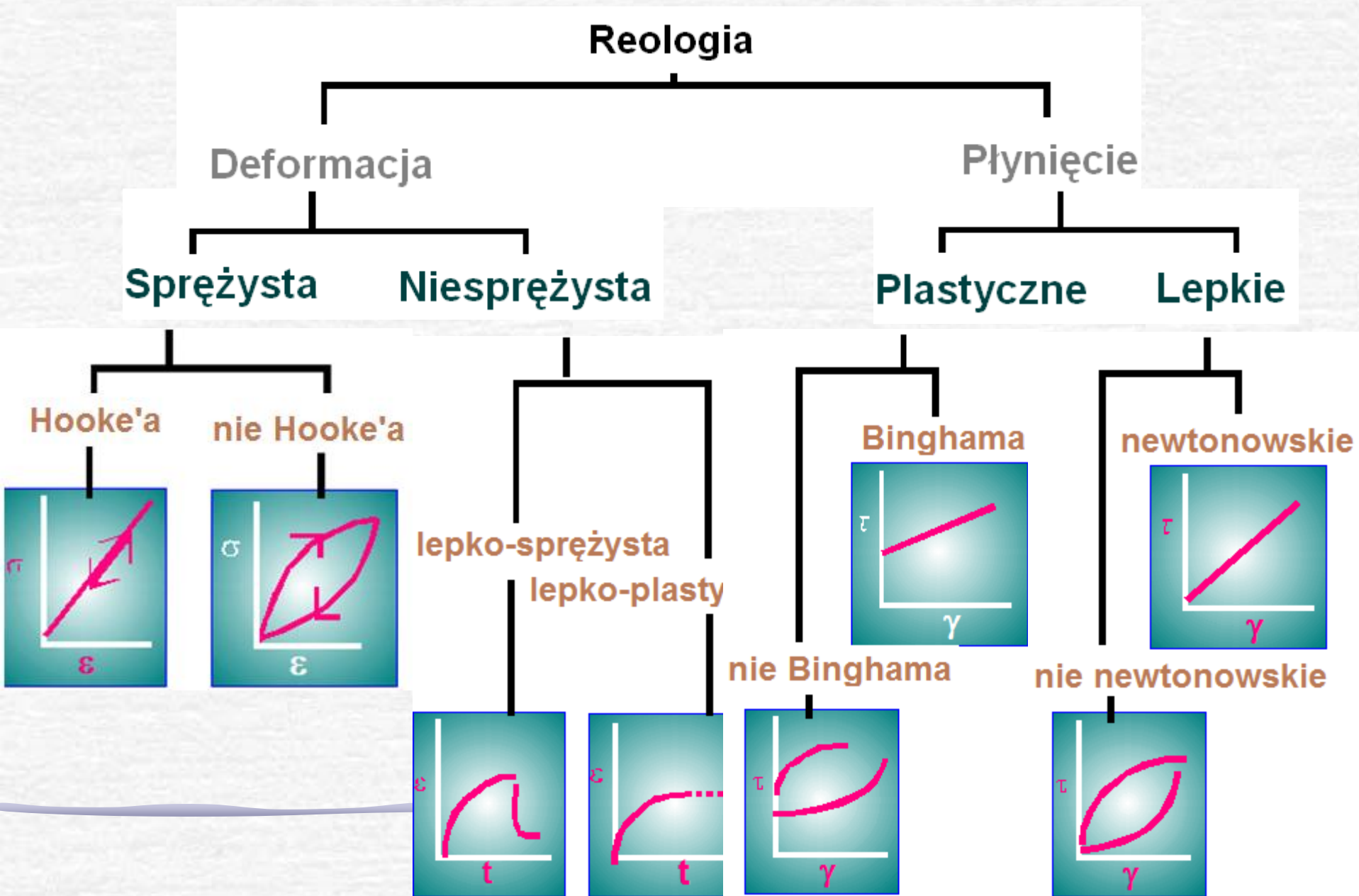
Właściwości mechaniczne (zachowanie się materiału pod obciążeniem)
Sprężanie, odprężanie, płynięcie materiału

- Naprężenie-odkształcenie pod obciążeniem statycznym lub dynamicznym
Zależne od czasu (pełzanie, relaksacja)
- Charakterystyki płynięcia materiałów
Lepkość w funkcji prędkości ścinania

Układy biologiczne - właściwości mechaniczne

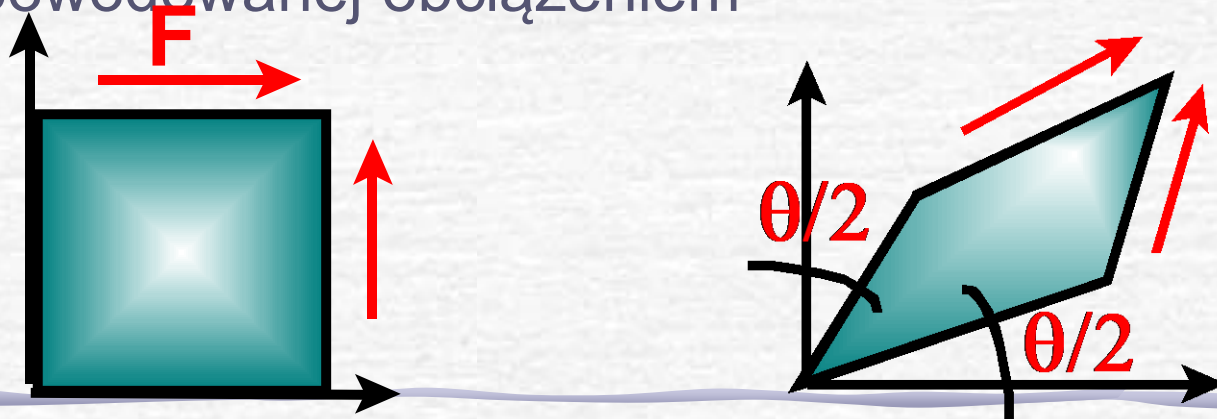
- Żywe organizmy poddane są zmianom: kształtów, rozmiarów, oddychają!
- Są wrażliwe na warunki:
Wilgotność, temperatura, zawartość tlenu, współczynnik pochłaniania energii (trudne do zmierzenia)
- **Biologiczne ciała stałe:**
Sprężystość zmienia się z wiekiem, warunki fizjologiczne
- **Biologiczne ciecze:**
(zwykle ciecze nie-Newtonowskie)
- **Badania reologii układów biologicznych są możliwe jedynie na drodze eksperymentu**

Dwa rodzaje deformacji



Pojęcia i definicje

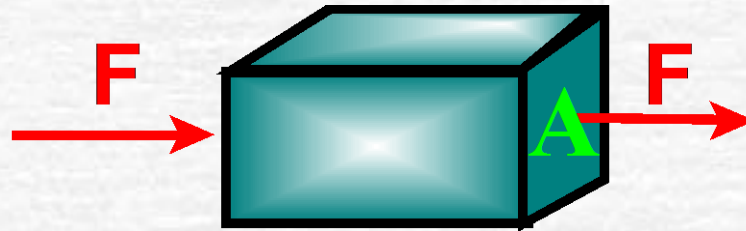
- Odkształcenie jednostkowe (**bezwymiarowe**), jest to jednostkowa zmiana wymiarów ciała (liniowych lub kątowych) pod obciążeniem
- ε - Odkształcenie liniowe (**rozciąganie**) – zmiana na jednostkę długości, $= (l_0 - l) / l_0$
- θ - Odkształcenie postaciowe (**kątowe**) – równe zmianie kąta spowodowanej obciążeniem



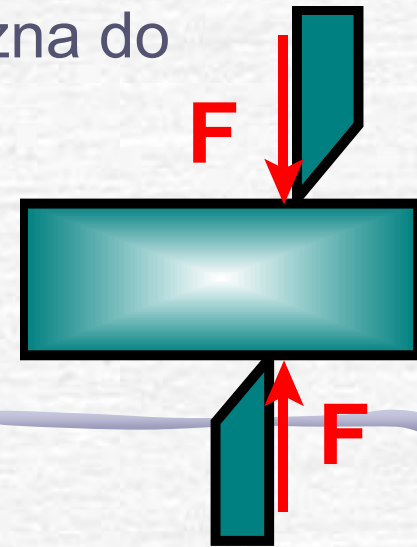
Pojęcia i definicje w odniesieniu do właściwości mechanicznych

Naprężenie:

- Intensywność siły w danym punkcie płaszczyzny ($\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$)
 - Naprężenie normalne – prostopadłe do płaszczyzny na którą działa siła

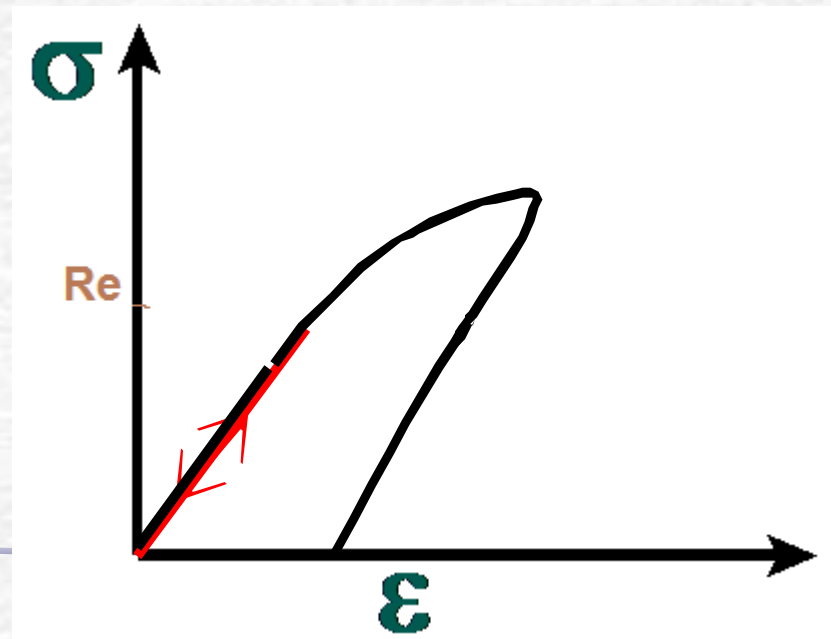


- Naprężenie tnące – składowa naprężenia styczna do płaszczyzny na którą działa siła ($\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$)



Granica sprężystości (Re):

Największe naprężenie, które materiał może przenieść bez żadnego odkształcenia szczątkowego, które zostaje w materiale po zdjęciu obciążenia



Pojęcia i definicje w odniesieniu do właściwości mechanicznych

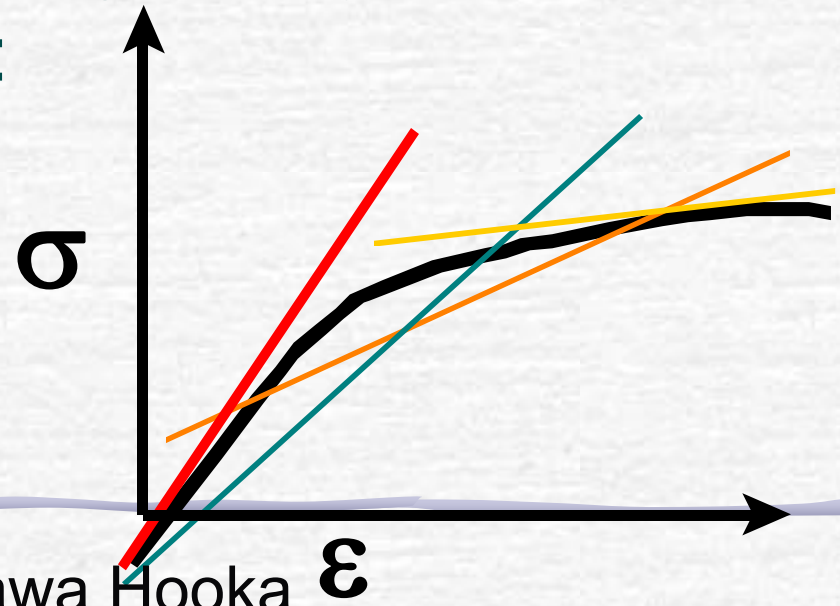
•Moduł sprężystości:

Iloraz naprężenia i odkształcenia jednostkowego poniżej granicy proporcjonalności - $E = R_e/\epsilon$.

•Pozorny moduł sprężystości:

Przypadek nieliniowości relacji naprężenia odkształcenia jednostkowe:

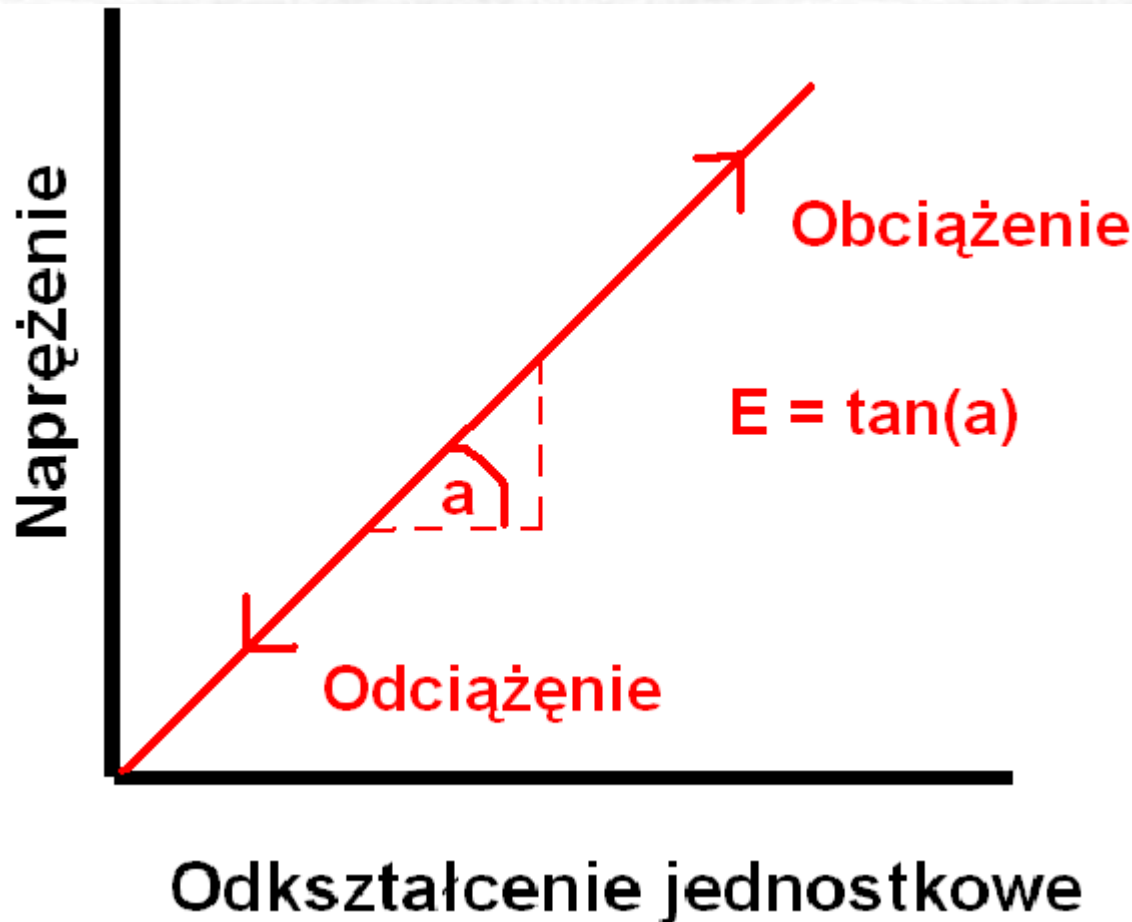
- Początkowy moduł styczny
- Moduły styczne
- Moduły sieczne
- Moduły strunowe



Ww definicje zakładają ważność prawa Hooke'a ϵ

Typowy przebieg naprężenie – odkształcenie - Stal

Stal



Typowy przebieg naprężenie – odkształcenie - Guma

o *Guma*



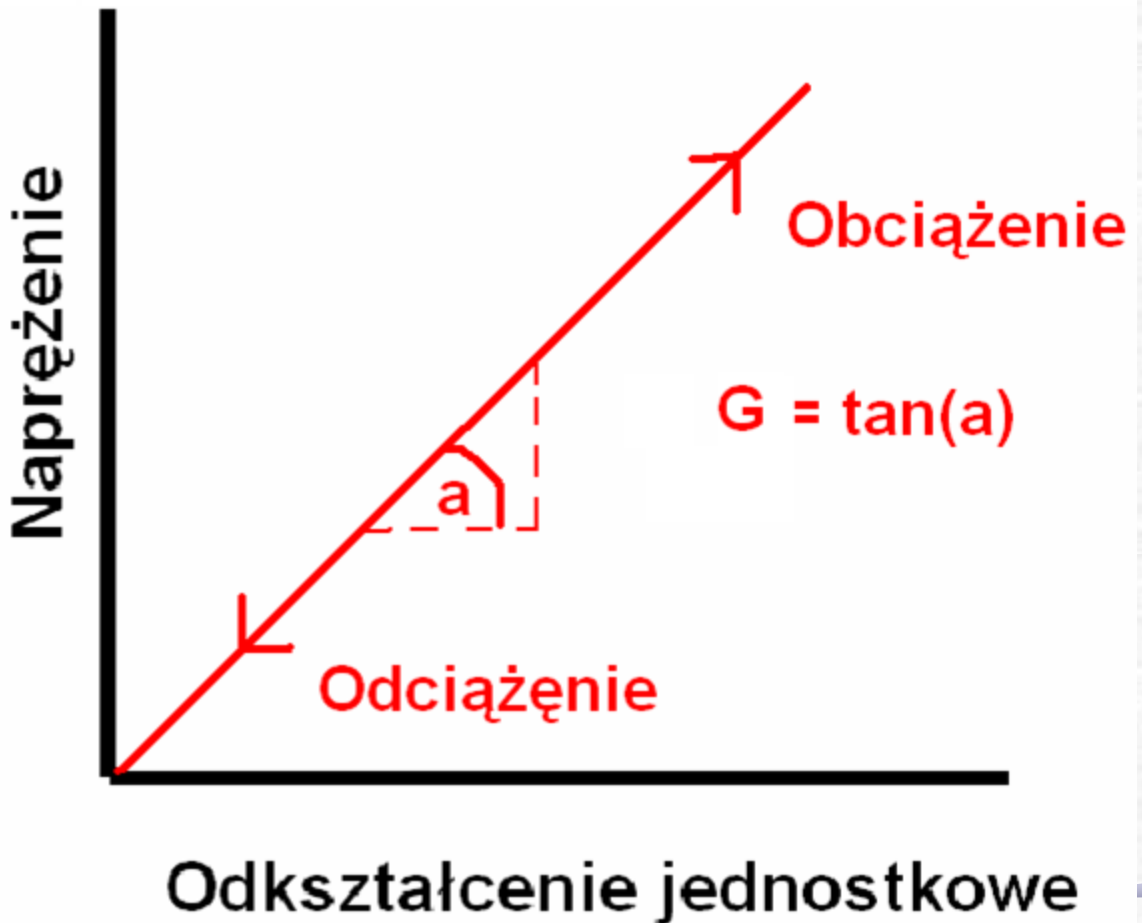
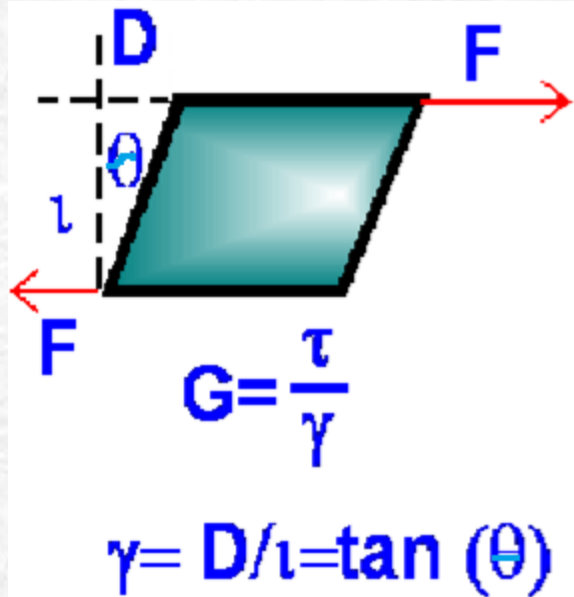
Typowy przebieg naprężenie – odkształcenie - ziarno

Bielmo w suchym ziarnie kukurydzy



Ciało Hooke'a pracujące na ścinanie

G - Charakterystyczny parametr, to moduł sprężystości postaciowej



Ciało Hooke'a pracujące na ścinanie

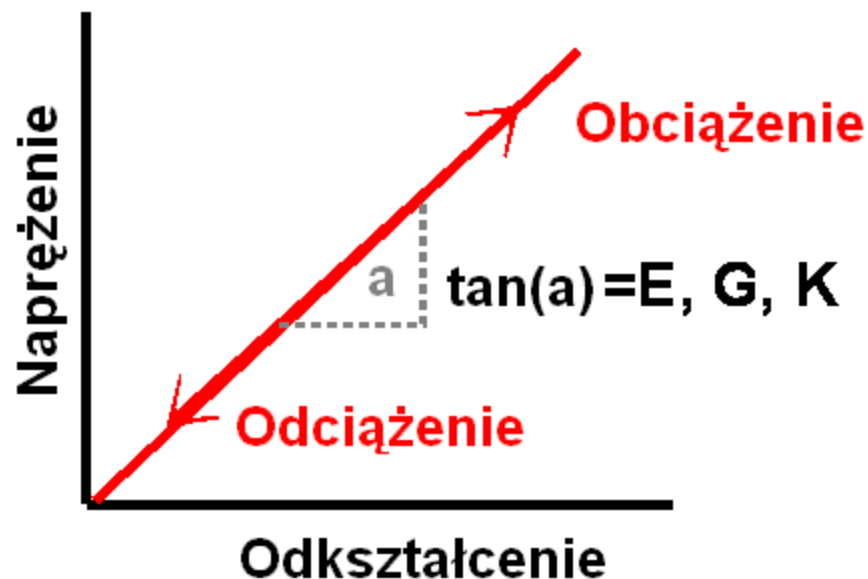
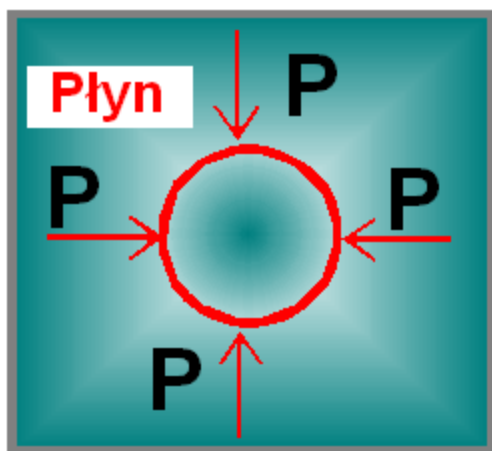
Przykład obliczeniowy

- Prostopadłościenna kostka z miękkiego materiału jest poddana ścinaniu.
- Wymiary:
- szerokość 25 mm, długość 30 mm, grubość 12 mm.
- Płaszczyzny ścinania pod działaniem sił 45 N przemieściły się równolegle o 0.175 mm.

Wyznaczyć moduł G dla tego materiału.

Ciało Hooka poddane działaniu ciśnienia hydrostatycznego

Inny charakterystyczny parametr, to moduł ścisłości - K



$$K = \frac{P}{\varepsilon_v} \quad \varepsilon_v = \frac{-\Delta V}{V}$$

P = Ciężnienie hydrostatyczne

ε_v = Odształcenie objętościowe

Zależności pomiędzy modułami sprężystości

Liczba Poissona

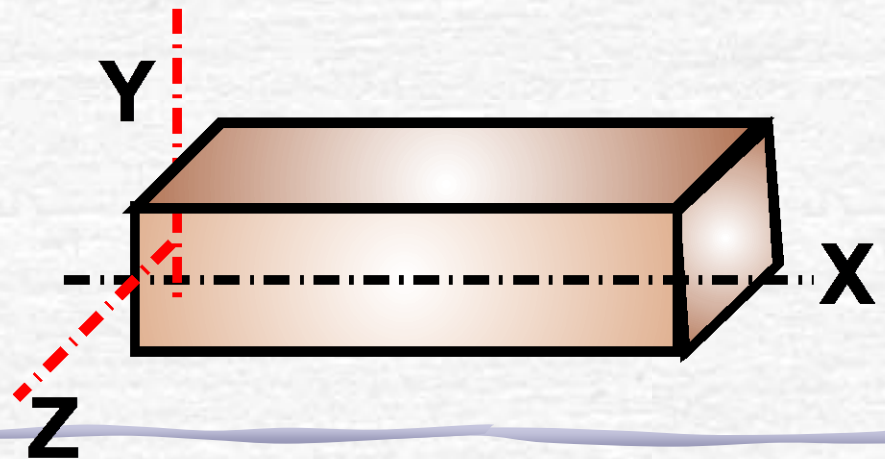
$$E = 3 K(1 - 2 \mu)$$

$$E = 2 G(1 + \mu)$$

Liczba Poissona

$\mu = \frac{\text{Odkształcenie poprzeczne}}{\text{Odkształcenie wzdłużne}}$

Korek	= 0.0
Beton.....	= 0.19
Stal.....	= 0.3
Ziemniak..	= 0.26-0.40
Jabłko.....	= 0.37-0.4



Błąd określania wartości naprężenia krytycznego w teście ściskania próbki walcowej (Gołacki, AR Lublin, Inż. Rolnicza 2002)

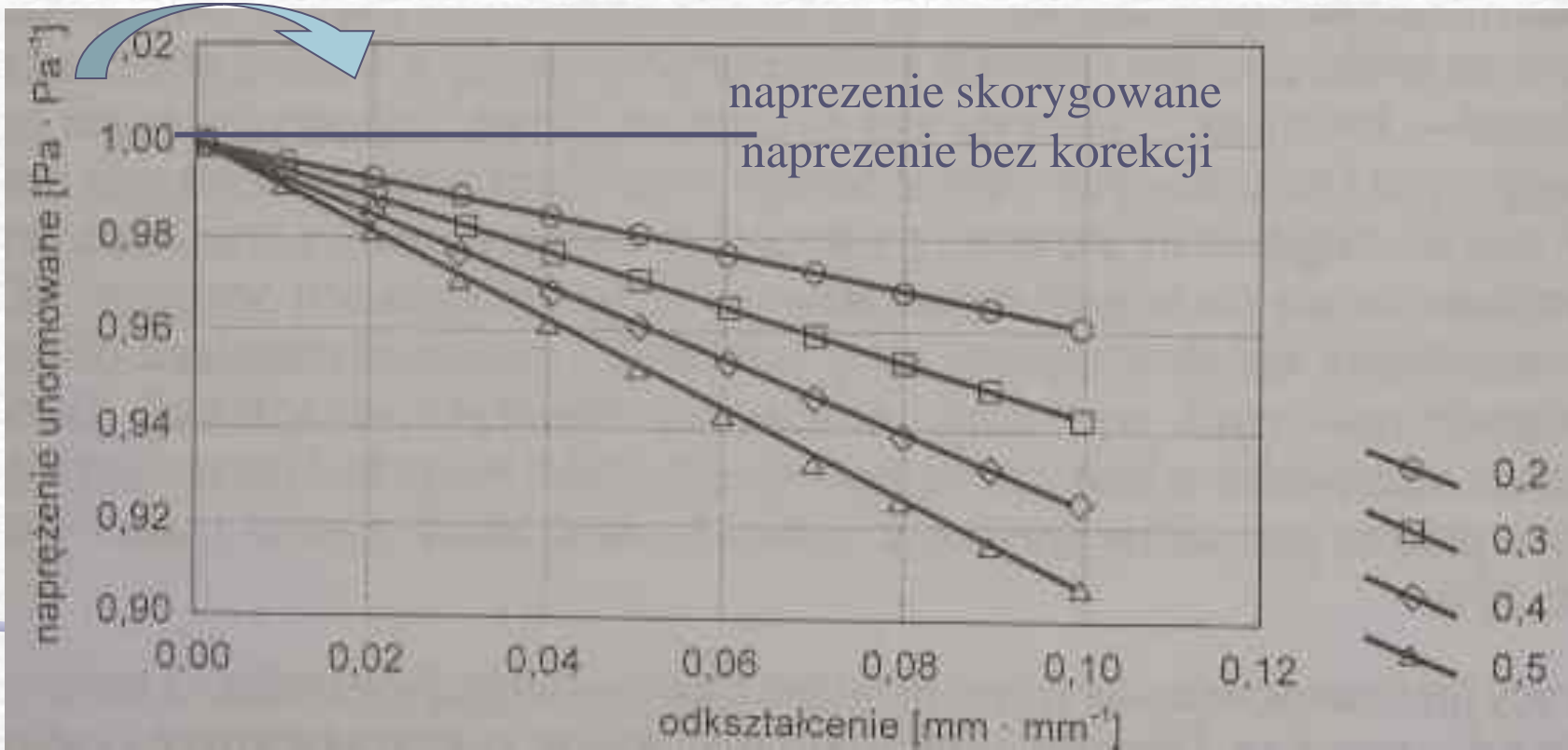
Naprężenie (krytyczne) σ_k

$\sigma_k = F/A$ ale gdy pole przekroju wzrasta przy ścisaniu

$$\sigma_k = \frac{F}{A(1+\mu \varepsilon)^2}$$

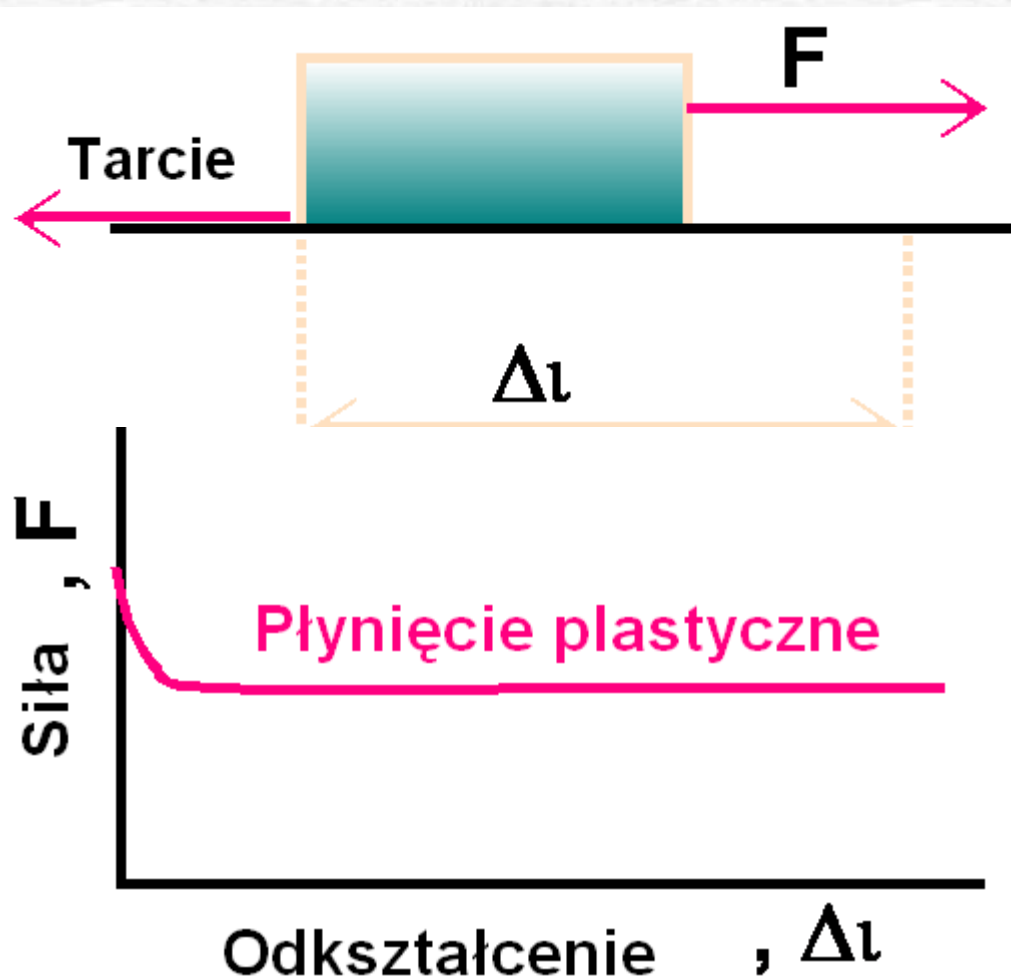
ε = odkształcenie

μ = liczba Poissona



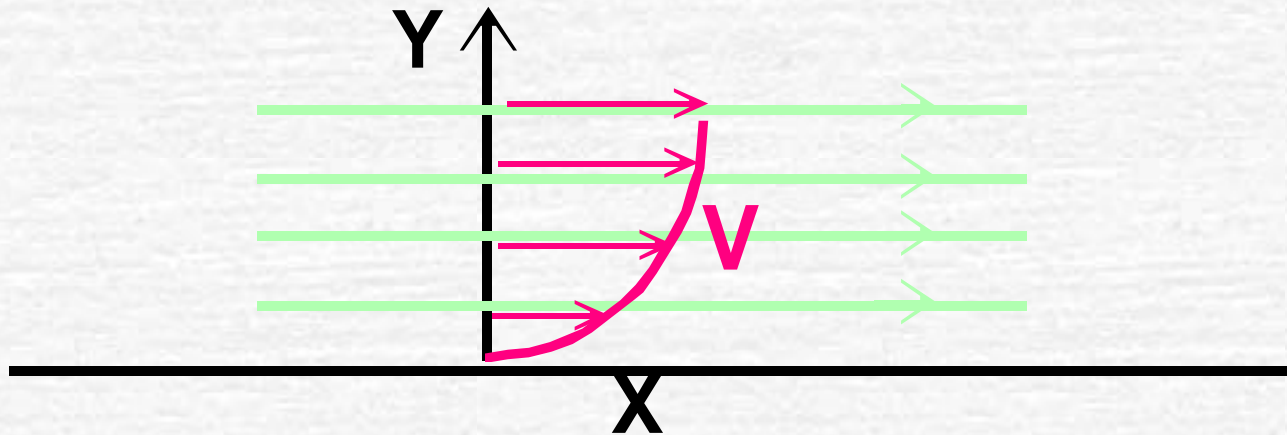
Ciało stałe idealnie plastyczne

Zachowanie ciała plastycznego można porównać do zachowania ciała sztywnego obciążonego siłą czynną i siłą tarcia

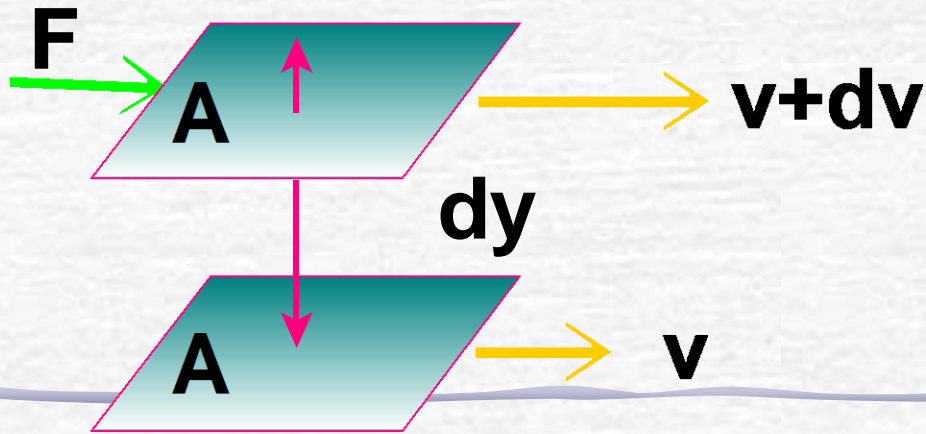


Ciało idealnie lepkie

Ciecz newtonowska (płynie natychmiast po przyłożeniu obciążenia)



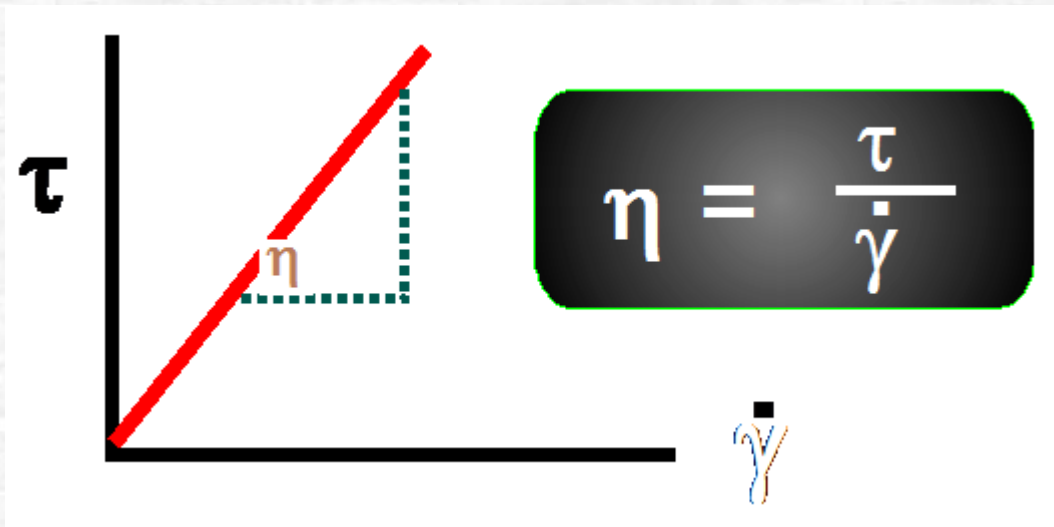
Przepływ laminarny ścinanej cieczy



Przepływ laminarny - gradient prędkości

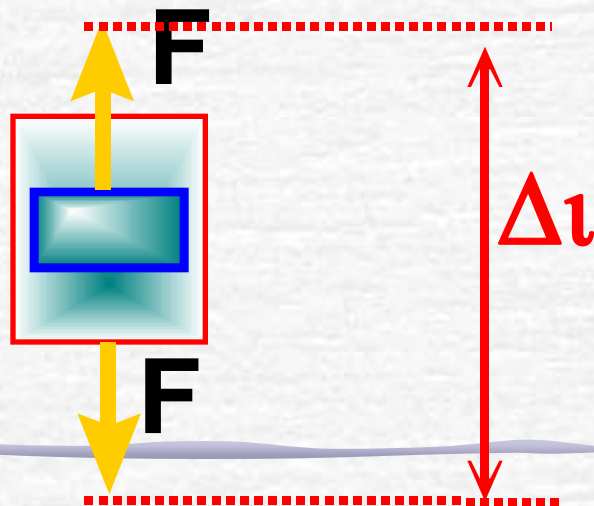
$$\frac{dv}{dy} = \frac{\tau}{\eta} = \dot{\gamma}$$

Mechaniczny model cieczy Newtona



Czas „wbudowany” w model

Jednostki:

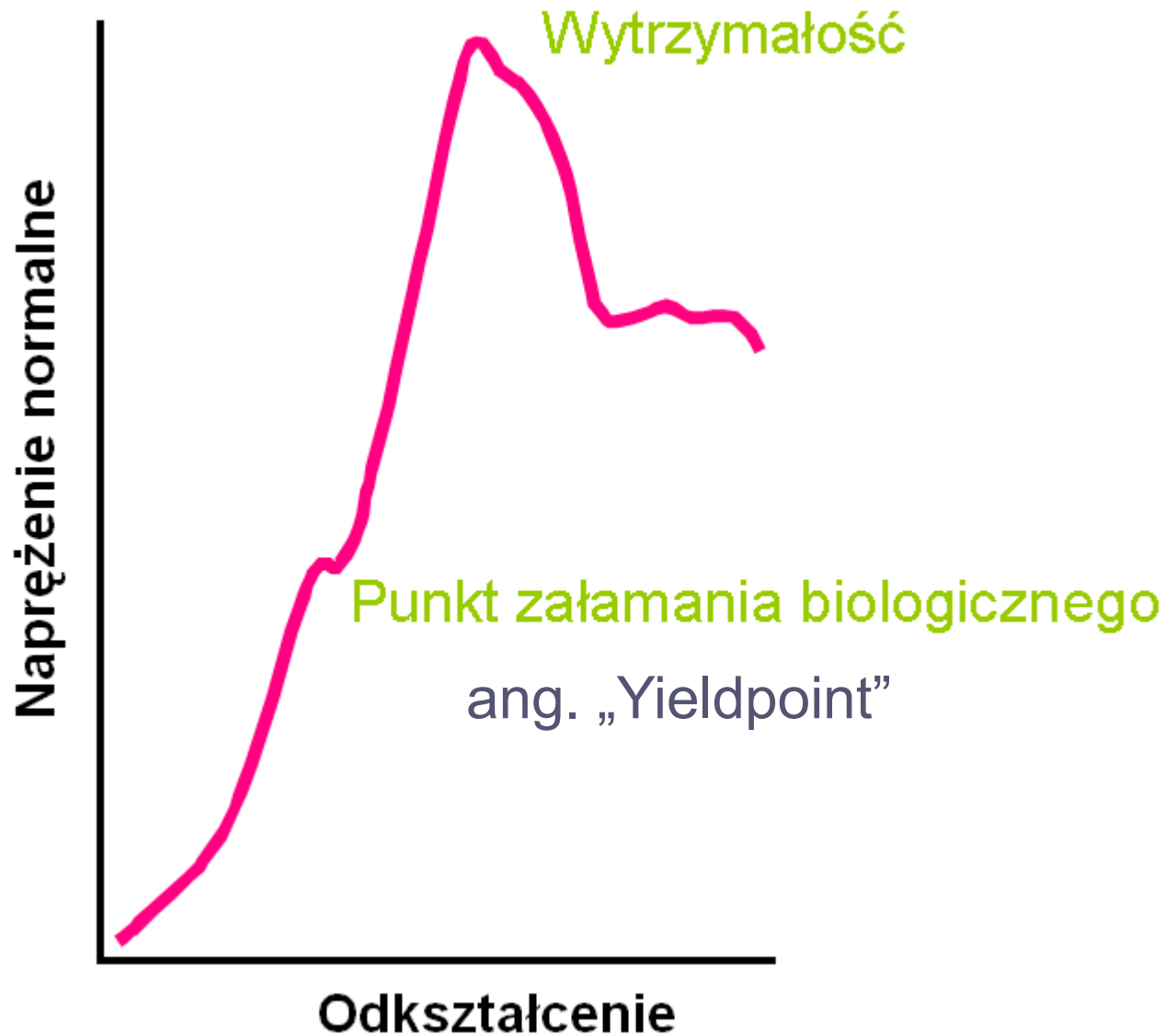


$$\eta = \frac{\text{kg}}{\text{m s}} \quad \text{Pa s} = \text{Puaz}$$

Lep. kinet. $\nu = \eta / \rho$ ₂

Stoke = ft / s [m / s]₂

Charakterystyka materiału biologicznego



Charakterystyka materiału biologicznego - amarantus

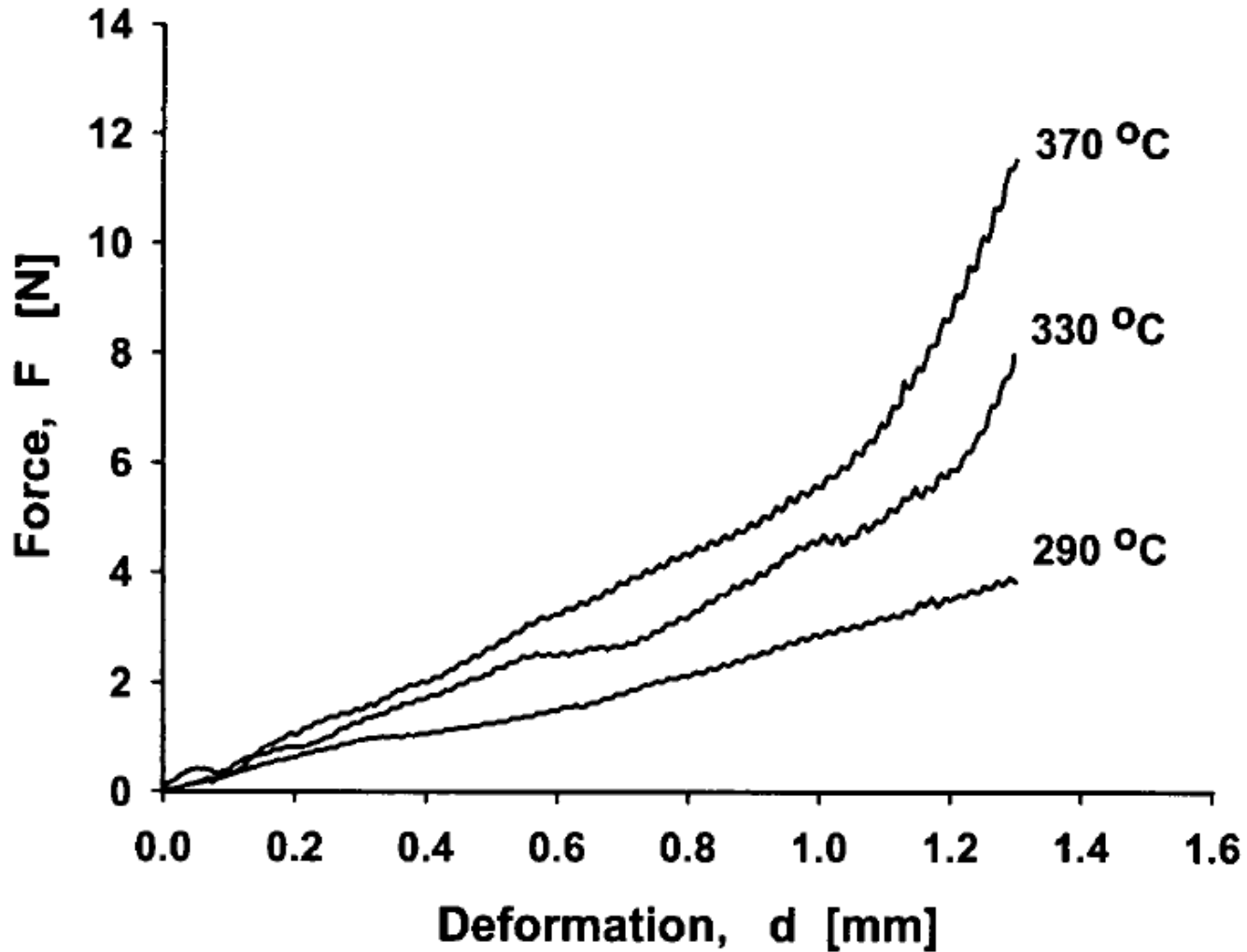
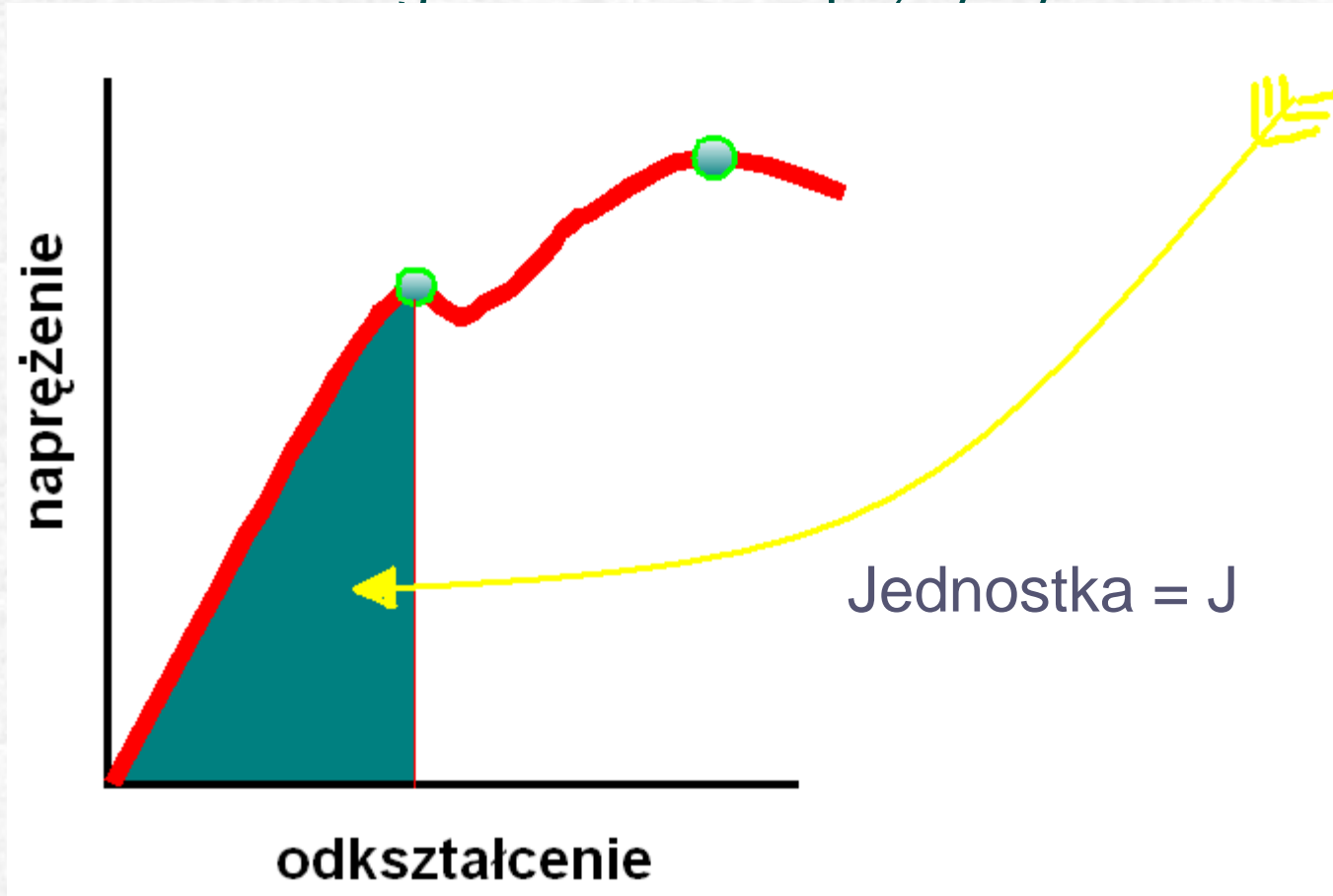


Figure 1 Typical force-deformation characteristics of hot-air-puffed amaranth seeds.

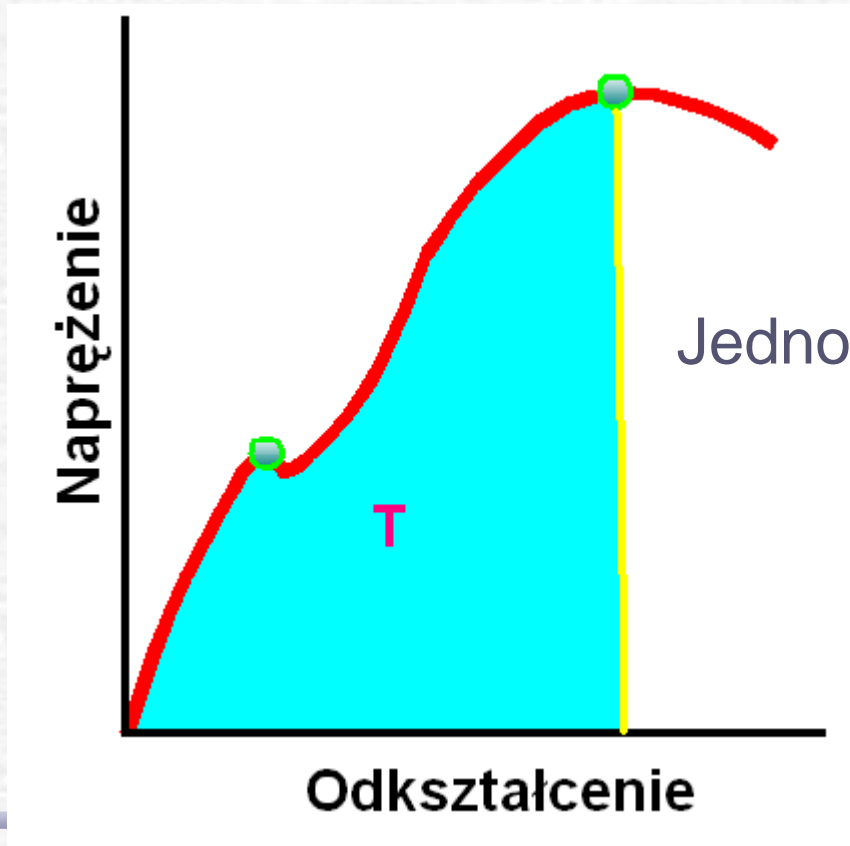
Charakterystyka materiału biologicznego

Praca odkształcenia: miara zdolności materiału do zachowania energii w zakresie sprężystym



Charakterystyka materiału biologicznego

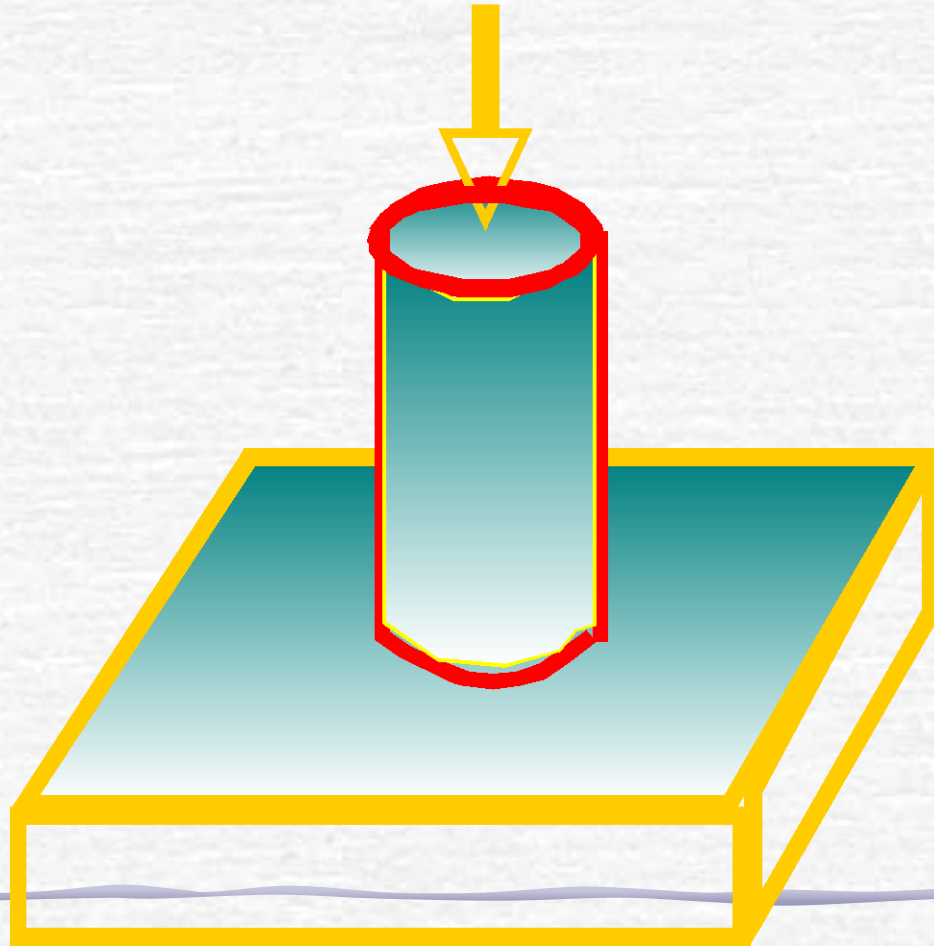
Wiązkowość, T , to praca potrzebna do osiągnięcia doraźnej wytrzymałości / objętość ciała (= pole pod krzywą naprężenie-odkształcenie / objętość)



Jednostka = J/m^3

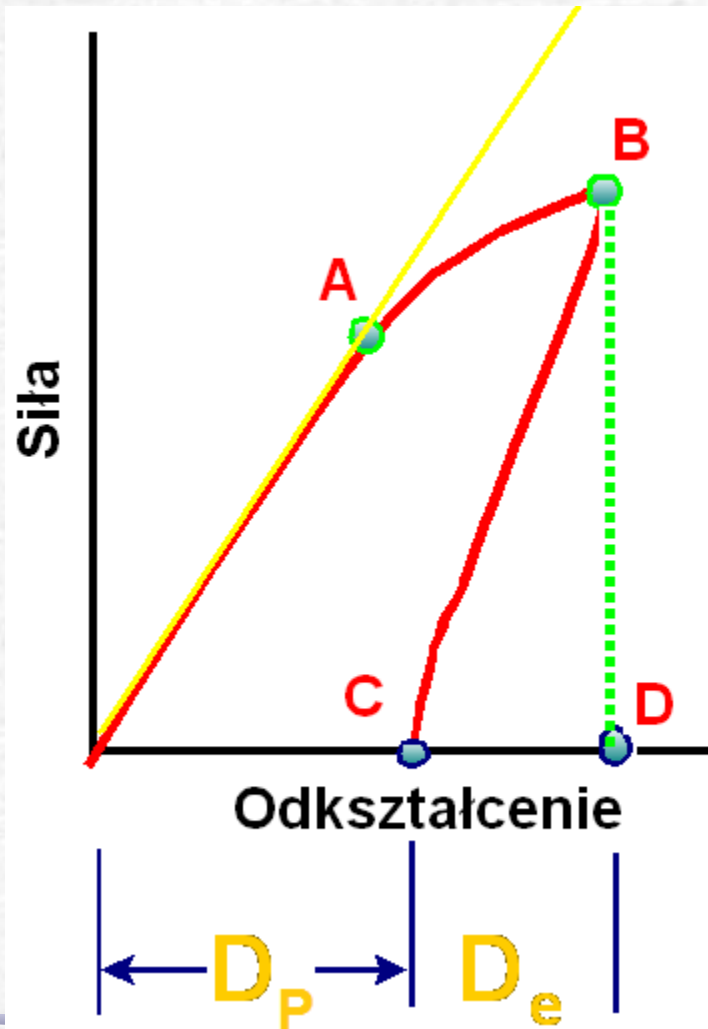
Charakterystyka materiału biologicznego

Twardość – opór materiału poddanego testowi penetracji



Charakterystyka materiału biologicznego

„Poziom” sprężystości, DE



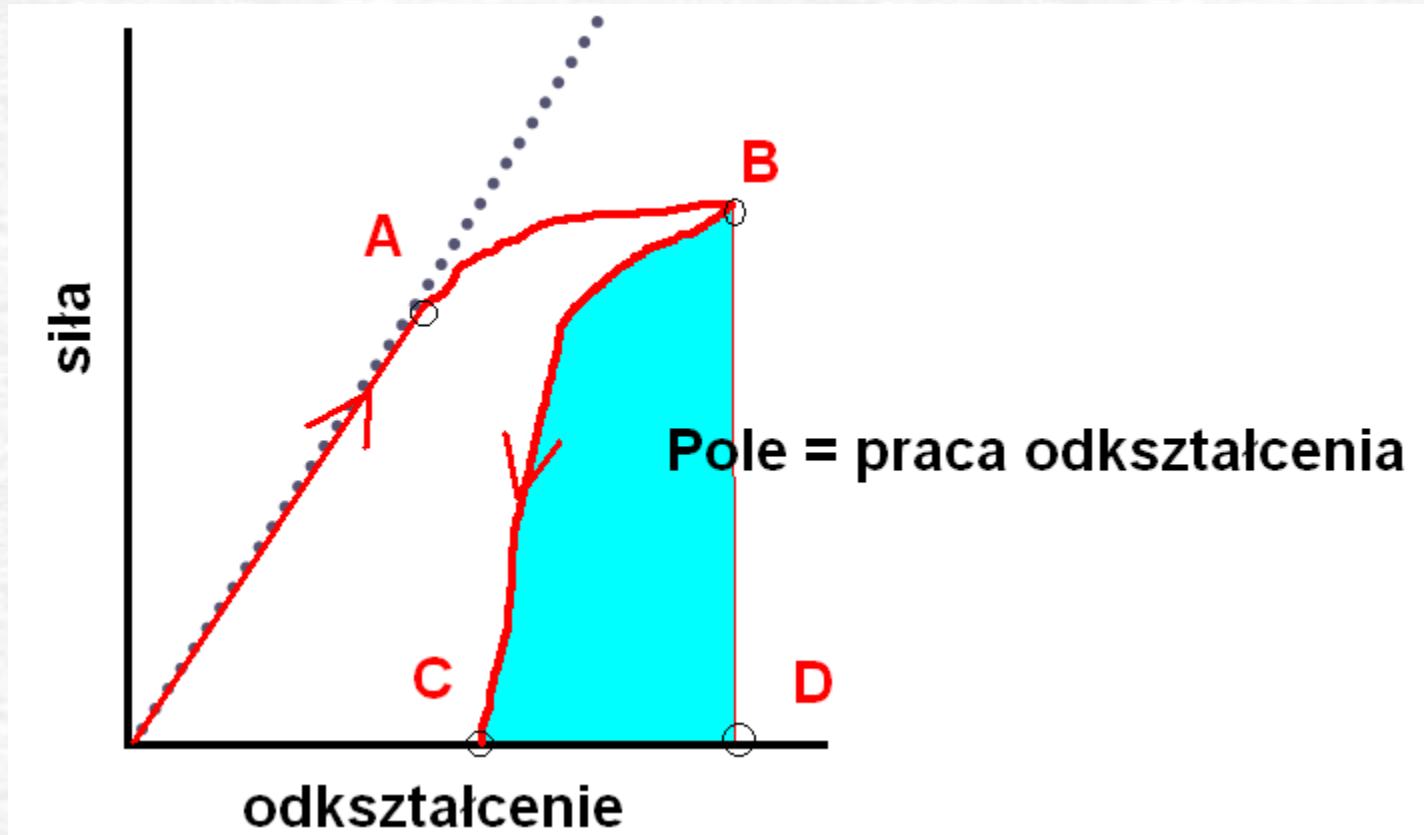
$$DE = \frac{D_e}{D_p + D_e}$$

D_e = odkształcenie sprężyste

D_p = odkształcenie plastyczne

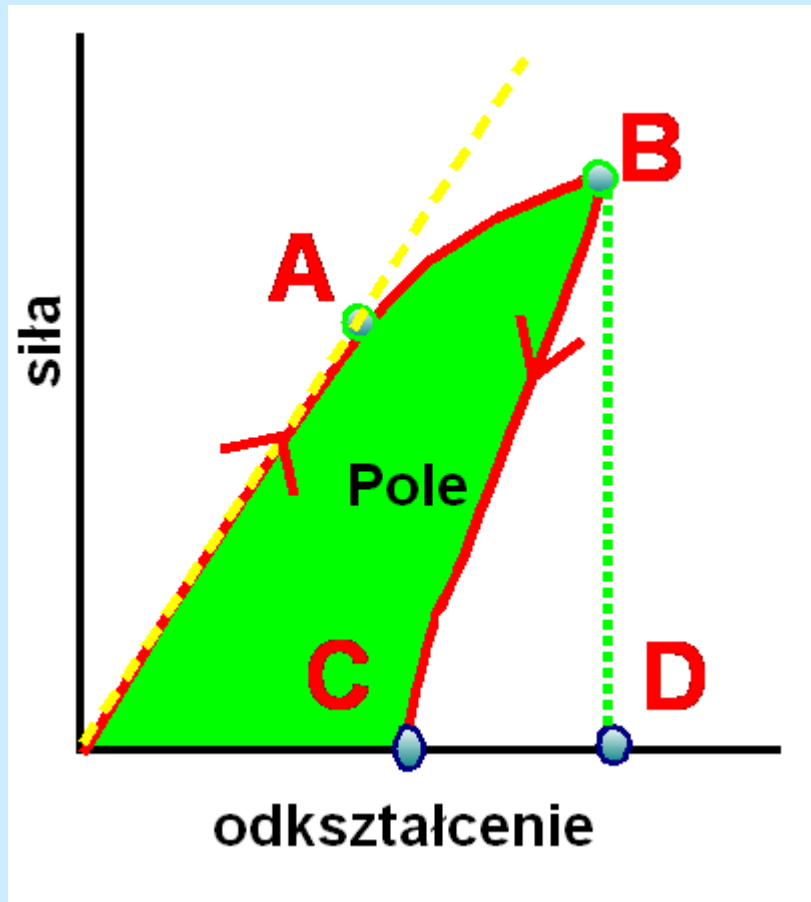
$D_e + D_p$ = całkowite odkształcenie

Odształcenie niesprężyste:



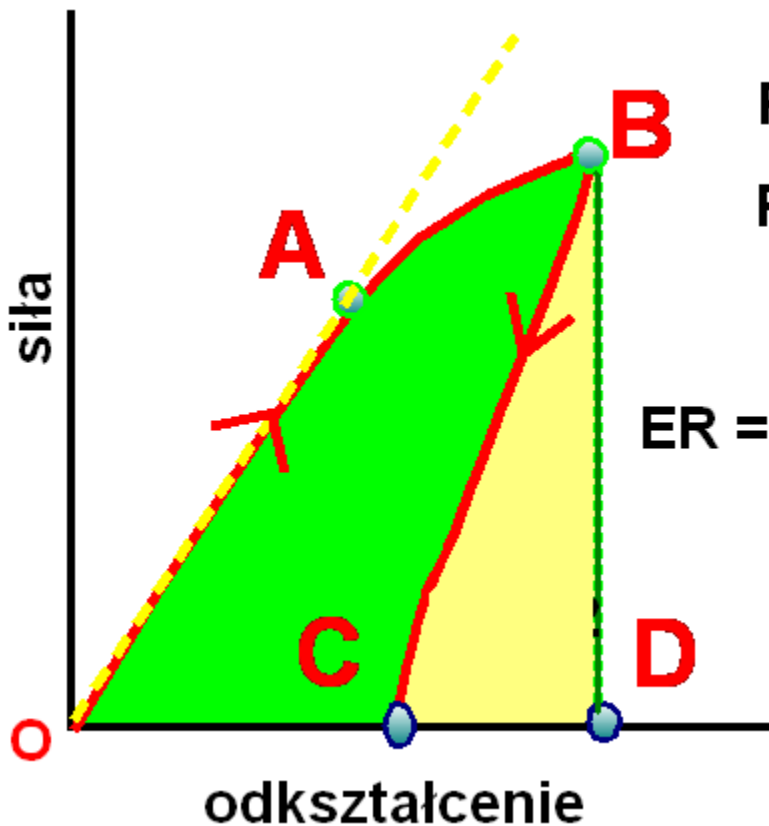
Charakterystyka materiału biologicznego

Pętla histerezy: energia zaabsorbowana przez materiał w cyklu obciążenie-odciążenie



Charakterystyka materiału biologicznego

Energia odzyskana, ER: stosunek energii odzyskanej w cyklu obciążania do energii zainwestowanej w cyklu obciążenia



Pole OABD - energia zainwestowana

Pole CBD - energia odzyskana

$$ER = \frac{\text{energia zainwestowana (obciążenie)}}{\text{energia odzyskana (odciążenie)}}$$

Koniec



Dziękuję
za
uwagę