



МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛЕВЕН
ФАКУЛТЕТ „ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ“
ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ

Лекция №6

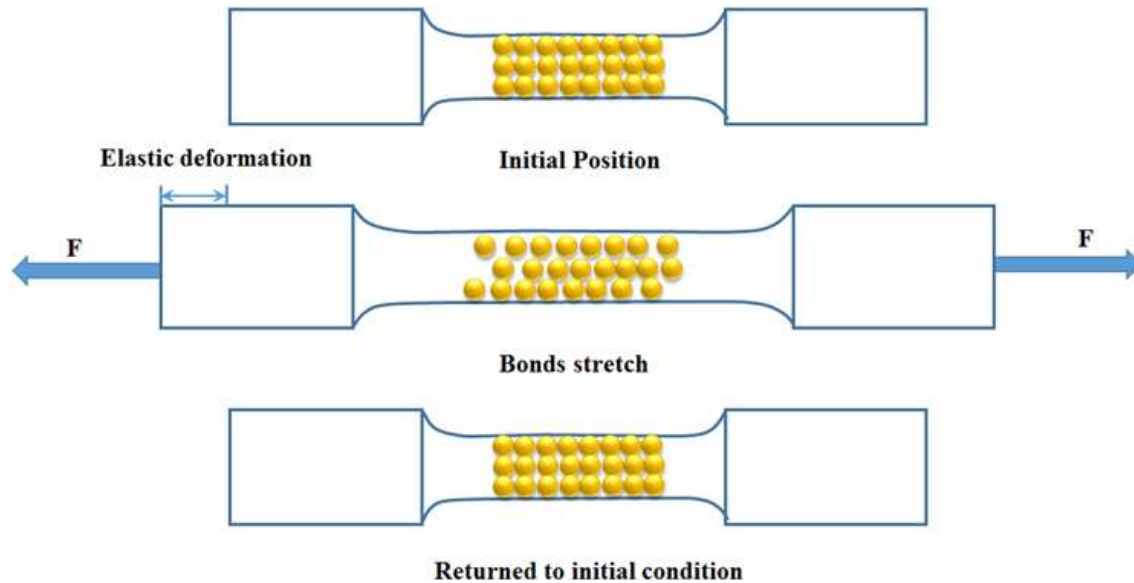
БИОМЕХАНИКА

Механични свойства на твърдите тела. Деформируемост, пластични и еластични деформации. Деформации при опън, натиск, хлъзгане или усукване. Механично напрежение, абсолютна и относителна деформация. Зависимост на деформацията от напрежението, закон на Хук. Модул на Юнг, якост, разтегливост, механична устойчивост, хистерезис. Вискоеластичност, основни прояви: пълзене, релаксация, хистерезис, чувствителност към скоростта на натоварване. Анизотропия.

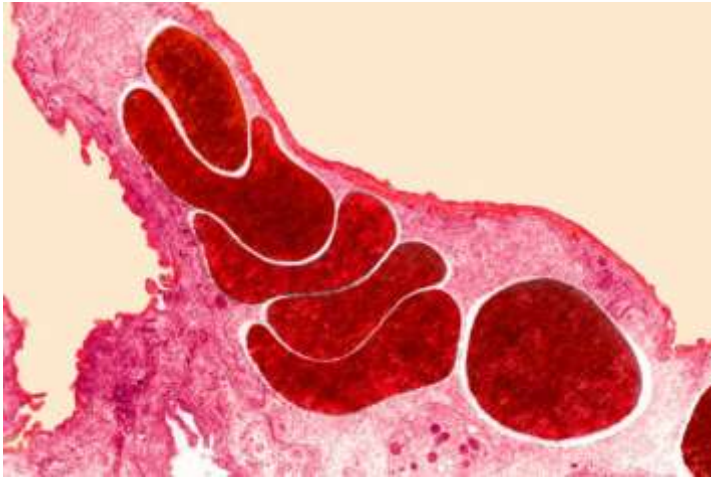
Проф. Константин Балашев, дхн

МЕХАНИЧНИ СВОЙСТВА НА МАТЕРИАЛИТЕ

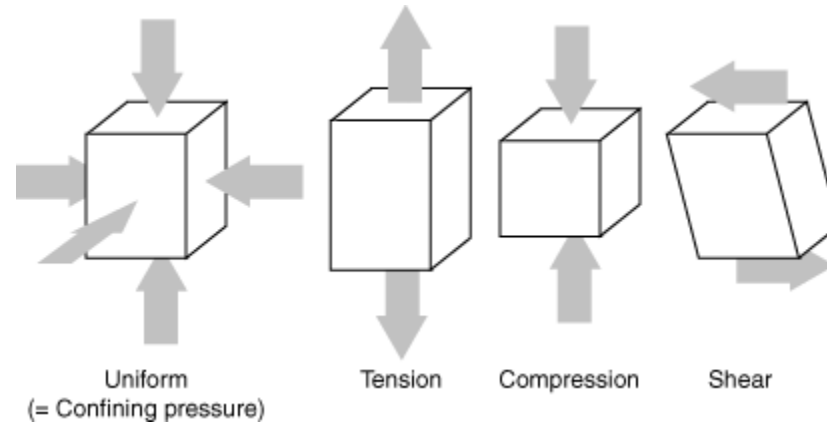
Деформации



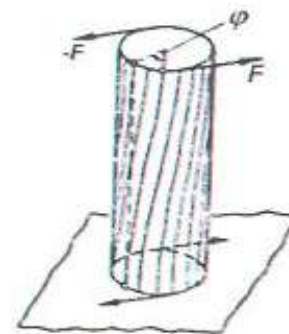
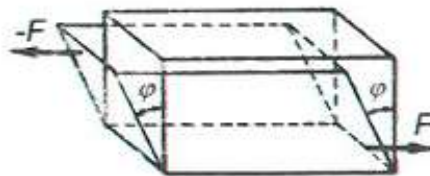
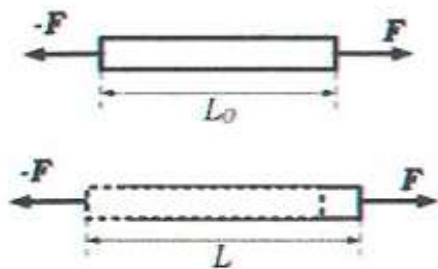
Когато към тяло се приложи сила, то може да започне да се движи, но и да се деформира. Във вътрешността на всяко тяло действат сили, които не позволяват то да се разпадне на части. Това са *кохезионни* сили на взаимодействие между молекулите. Ако в резултат на действието на външни сили молекулите започнат да се отдалечават, кохезионните сили се стремят да ги върнат в началното положение. Въпреки тези сили, в отговор на външни въздействия е възможно телата да се деформират или разрушат.



Изменението на размерите, формата или обема на едно тяло под действието на външни сили се нарича **деформация**, а самото свойство - **деформируемост**.



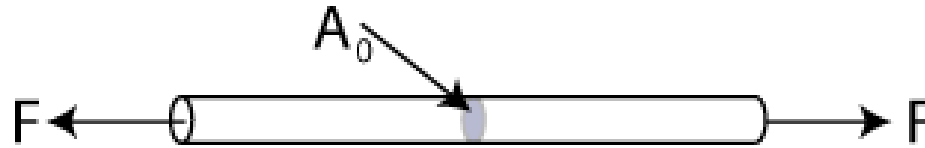
Деформации, които изчезват след като външните сили престанат да действат, се наричат *еластични*, а такива, които остават - *пластични*. Има различни видове еластични деформации, но всички те могат да се представят като **деформации при опън** или **натиск** и **деформации при хлъзгане** или **усукване**.



Нека към основите на хомогенна пръчка от някакво вещество са приложени сили на опъване F и $-F$. Пръчката ще се деформира, т.е. ще се удължи. Тази деформация може да се характеризира като **абсолютна деформация $\Delta L = L - L_0$** или **относителна деформация**

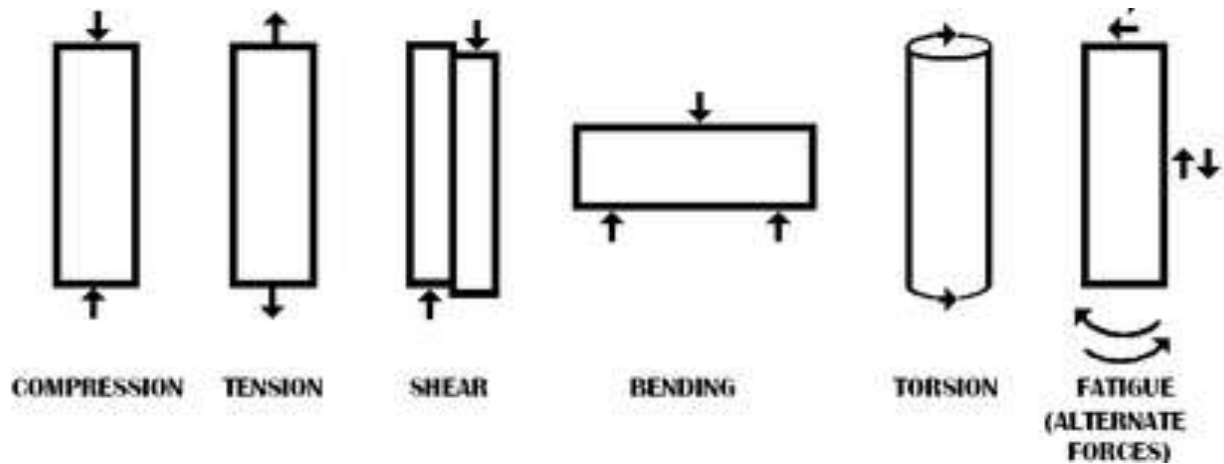
$\varepsilon = \Delta L/L$ (L_0 е началната дължина, а L - крайната дължина на пръчката). Относителната деформация е безразмерна величина.

При малки относителни деформации повечето тела проявят **еластичност**, т.е. деформацията изчезва, след като външните сили престанат да действат. Освен това, връзката между натоварване и деформация е **линейна**. Деформациите при натиск се характеризират по подобен начин.

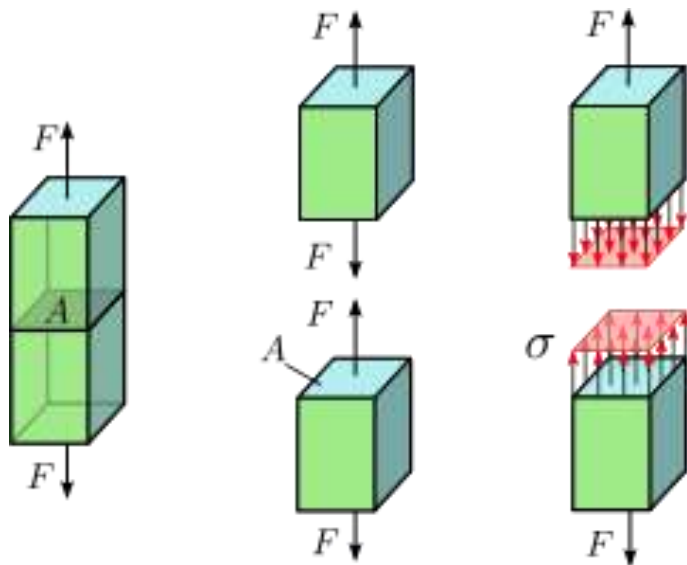


$$\text{Stress, } \sigma = \frac{\text{Force}}{\text{Cross-Sectional Area}} = \frac{F}{A_0}$$

Ефектът на деформиращата сила зависи от това върху каква площ се разпределя, което се характеризира с величината **механично напрежение**. Отношението между големината на деформиращата сила **F** и площта на напречно сечение на тялото **A₀**, разположена перпендикулярно (нормално) на посоката на силата, се нарича *нормално напрежение*: $\sigma = \mathbf{F}/\mathbf{A}_0$. Напрежението е силата, действаща на единица площ. Напрежението при твърдите тела е еквивалентно на налягането, предизвикващо деформация на флуидите, и също се измерва в **Паскали (Pa)**.

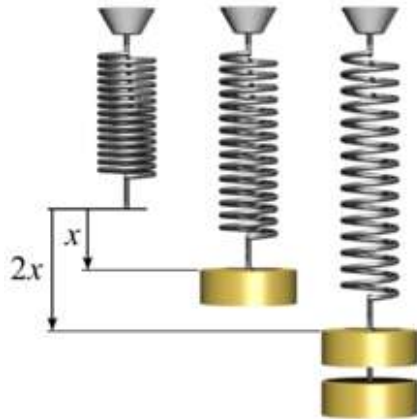


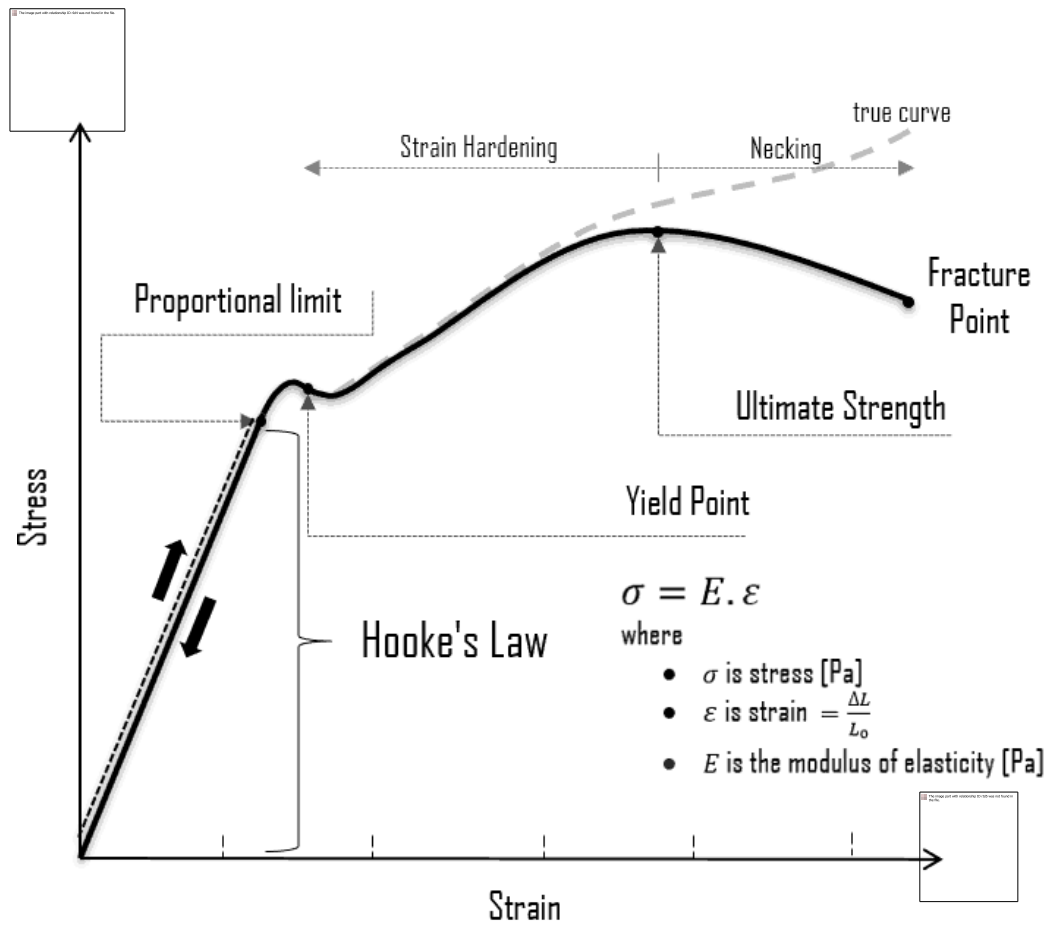
Напрежението може да бъде обусловено от надлъжни сили *на разтегляне или свиване*, както и от напречни сили *на срязване (хлъзгане) или усукване*.

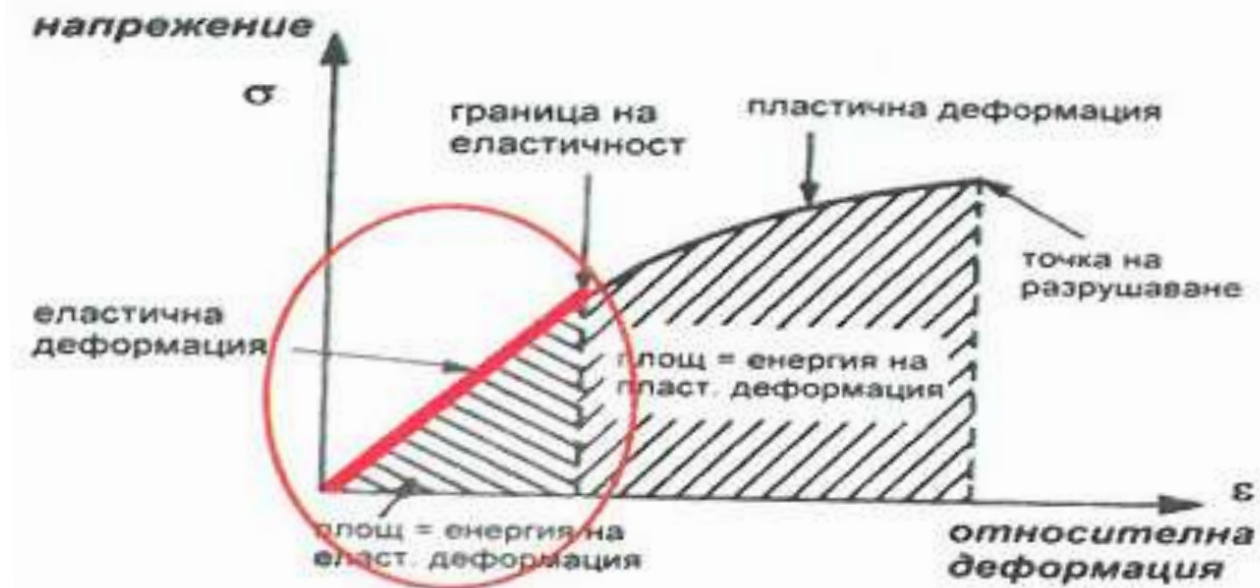


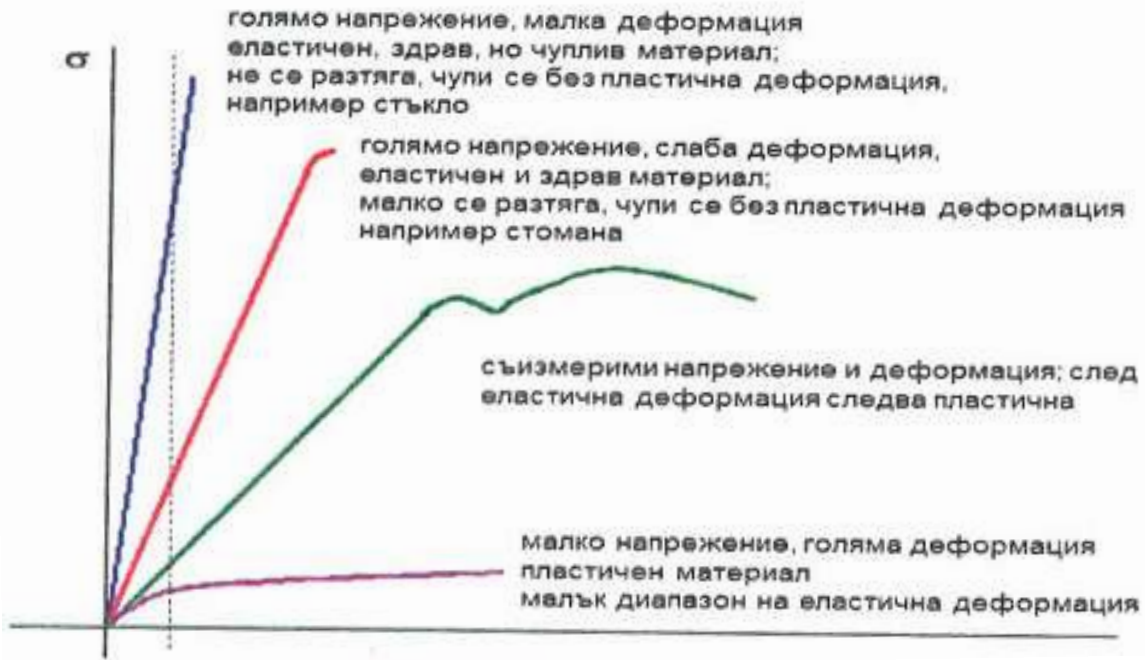
Външната действаща сила предизвиква възникване на вътрешна еластична противодействаща сила, която е равна по големина, но противоположна по посока. Това обуславя възникване на вътрешно напрежение в тялото при деформация. При равновесие вътрешното напрежение е равно на външното, предизвикано от деформиращата сила.

Закон на Хук







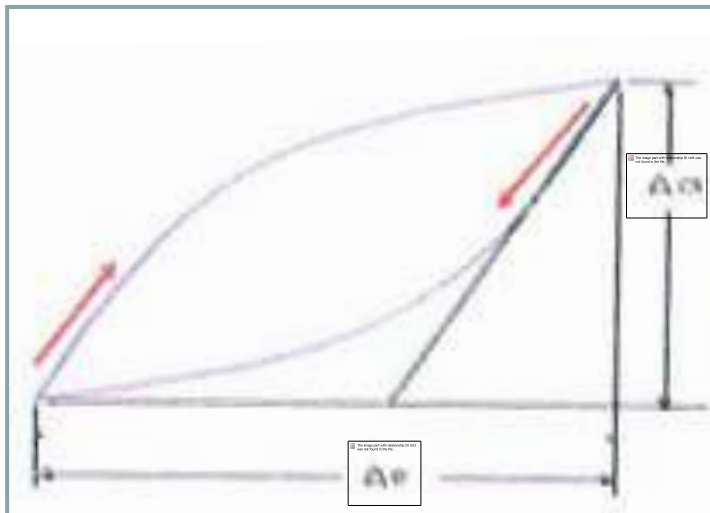


Thomas Young,
 1773-1829



Максималната стойност на напрежението преди точката на разрушаване се нарича **якост** (здравина) на материала, а максималната стойност на деформацията преди разрушаване - **разтегливост**. Частичната площ под кривата до някаква деформация (по-малка от разтегливостта) е **извършената работа за деформиране**. Площта под цялата крива е равна на енергията, необходима за разрушаване на обекта и представя неговата **механична устойчивост**

Криви на „напрежение-деформация“



Кривата „напрежение - деформация“ при натоварване (когато се прилага нарастваща сила) не винаги е същата както при разтоварване. Това явление се нарича **хистерезис** и се дължи на загубата на енергия при деформацията по време на натоварването.

Вискоеластичност



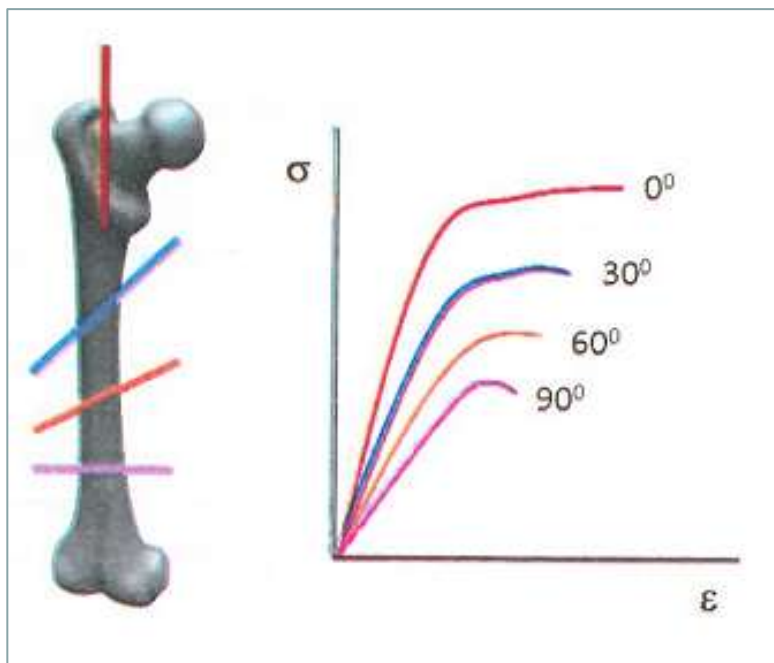
Нелинейните явления в биологичните системи се дължат на факта, че за меките тъкани са характерни много големи относителни деформации (над 100 %). За това са отговорни широко разпространените в тях протеини *колаген* и *еластин*, които имат такова поведение.

Нелинейността се дължи на пластични деформации, които се получават наред с еластичните. Това определя едно смесено свойство между вискозност (пластичност) и еластичност, наречено **вискоеластичност**.

Вискоеластичността е характерна за кости, хрущяли, сухожилия и лигаменти. Тя има четири основни прояви:

- > **Пълзене** - нарастваща с времето деформация на материала при постоянно натоварване;
- > **Релаксация** - намаляващо с времето напрежение на материала при постоянна деформация;
- > **Хистерезис** - различни криви "напрежение-деформация" при натоварване и разтоварване, което отразява загубата на енергия по време на деформацията при натоварване;
- > **Чувствителност към скоростта на натоварване** - при по-бързо натоварване материалът може да погълне повече енергия преди разрушаването си и затова се нуждае от по-голяма сила за разрушаване. Това например защитава костите, които показват с 30 % по-голяма здравина при енергично ходене, отколкото при бавно.

При някои биоматериали и структури се наблюдава и **анизотропия** (различно поведение в различните посоки), което допълнително усложнява механичните им свойства и прояви. Металите например са изотропни, но костите и интервертебралните дискове са анизотропни.



Бедрената кост например показва различна механична издръжливост, когато се натоварва в различни посоки. Устойчивостта ѝ на счупване по отношение на големината на приложената сила (напрежение) е максимална за аксиални сили и минимална за перпендикулярни.

Вискоеластичността на мускулите също е различна в аксиална и перпендикулярна посока.

Линк за видеото:

<https://www.youtube.com/watch?v=Oz8fW68RY6I>

Plastic and
Elastic
Deformation

