



## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

6.

Mechanikai tulajdonságok 1.

Kiemelt témák:

- ❖ Rugalmas alakváltozás
- ❖ Merevség és összefüggése a kötési energiával
- ❖ A geometriai tényezők szerepe egy test merevségében
- ❖ rugalmasság

Tankönyv  
fejezetei:  
14-15.

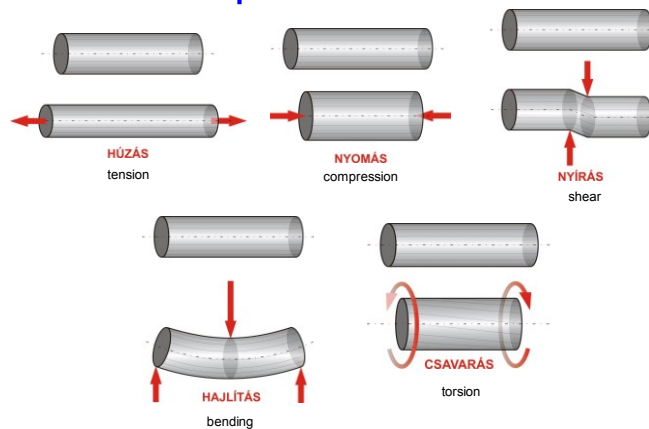
HF:

4. fejl.:  
1, 2, 4-6, 9, 11,  
14, 16, 17, 24

1

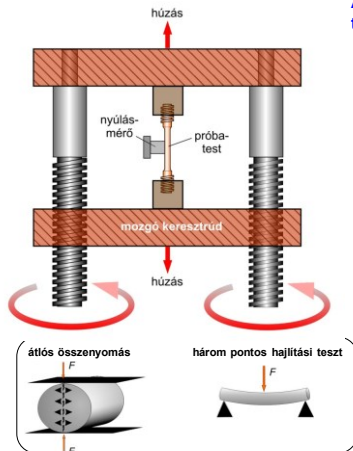
## Deformációtípusok

erőhatás → alakváltozás (deformáció)



2

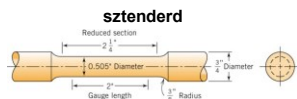
## Tesztelés



A mérésből nyert mechanikai tulajdonságok értékét befolyásolja:

- Az igénybevétel típusa (nyújtás, ...)

- A minta geometriája



- A terhelés időbeli lefutása

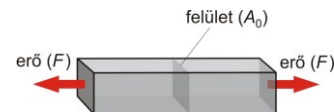
- statikus
- dinamikus
- tartós (egyenletes, változó)

- hőmérséklet

3

## Húzás

Terhelés jellemzése:



$$(\text{húzó-})\text{feszültség } (\sigma) = \frac{F}{A_0} \quad [\sigma] = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

mérnöki rendszer!

Alakváltozás jellemzése:

relatív hosszváltozás (nyúlás) ( $\epsilon$ ):

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad [\epsilon] = 1$$

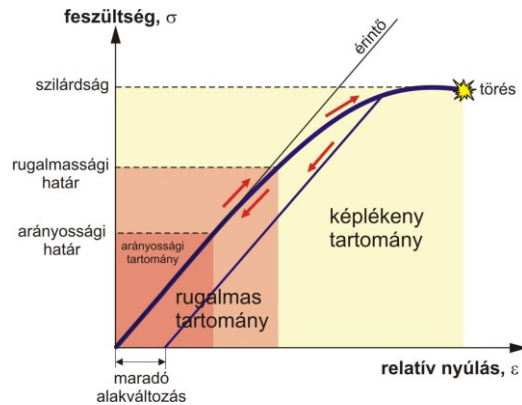
mérnöki rendszer!

→ belső feszültségek

Összenyomásnál: irányok fordítottak, nyomófeszültség negatív, relatív hosszváltozás (rövidülés) negatív.

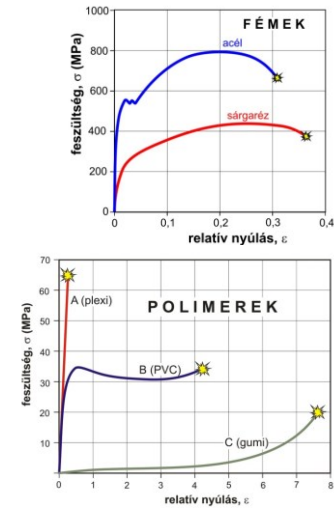
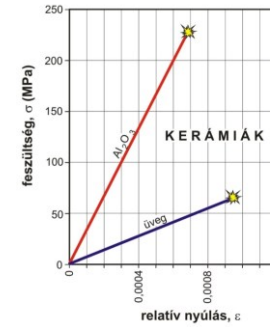
4

## Terhelési diagram



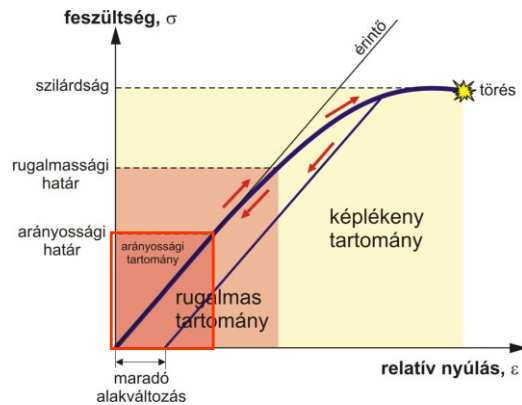
5

Példák:



6

## Terhelési diagram

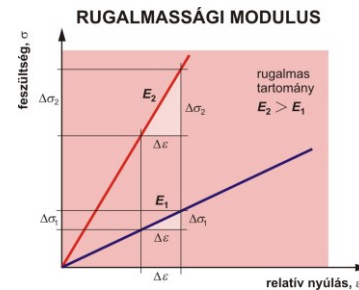


7

## Rugalmas viselkedés (arányossági határig)

### Húzás/összenyomás

Hooke-törvény:  $\sigma = E \cdot \varepsilon$   $E$  — rugalmassági (Young-) modulus  $[E] = \text{Pa}$

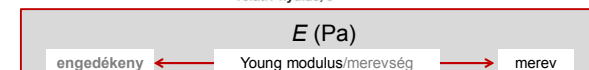


$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon}$

$E$  — nyújtással, vagy összenyomással szemben mutatott „ellenállás”, **merevség**

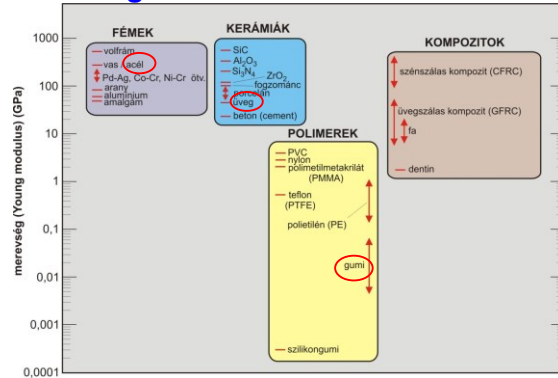
$1/E$  — megnyúlásra vagy rövidülésre való „készség”, **engedékenység**

merev B mn 1. Nem rugalmas, nem hajlékony <anyag, test>. | Rugalmasságát, hajlékonyságát veszített <test(rész)>.



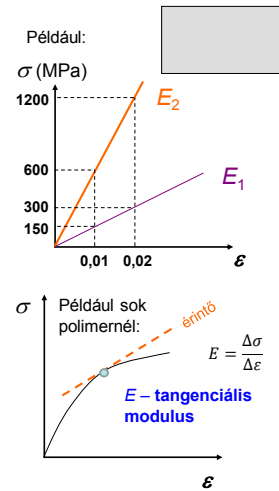
8

## Merevség



A bekarikázott példák alapján sem  $E$ , sem pedig  $1/E$  nem alkalmas a rugalmasság mérőszámának! **Vigyázat, a tankönyvben hiba van!**

9

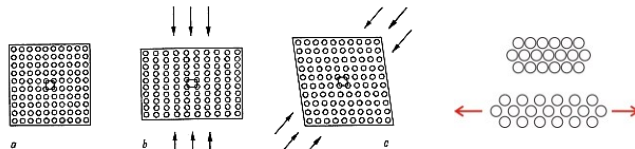


## Néhány fogászati anyag merevsége:

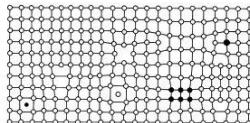
anyag	$E$ (GPa)
fogzománc	$\approx 100$
dentin	$\approx 15$
acél	200-230
amalgám	50-60
arany	79
arany ötvözetek	75-110
Pd-Ag ötvözetek	100-120
Co-Cr ötvözetek	120-220
Ni-Cr ötvözetek	140-190
üveg	60-90
kerámiák	60-400
porcelán	60-110
PMMA (polimetilmetakrilát)	2,4-3,8
szilikon	$\approx 0,0003$

10

## Rugalmas alakváltozás atomi szinten



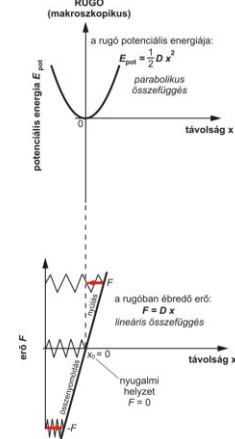
- Atomtávolságok kicsit megváltoznak, de a kötések maradnak.
- Atomok között erők lépnek föl  $\Rightarrow$  **belső feszültségi állapot**.



- Ezeket a változásokat a kristályhibák kevésbé befolyásolják  $\Rightarrow$  a Young-modulus ( $E$ ) és a Poisson szám ( $\mu_r$ ) (l. később) kevésbé érzékenyek a hibákra.

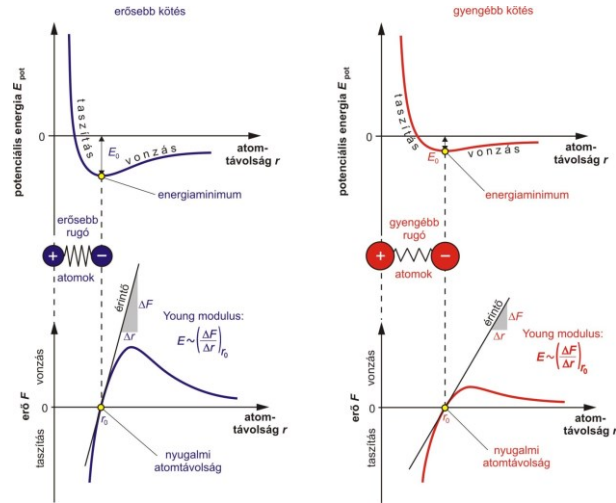
11

## A Young-modulus atomi értelmezése



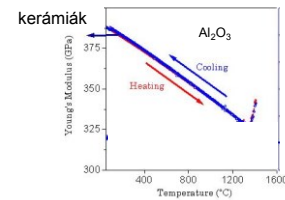
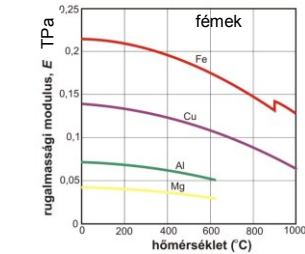
sége  
modulus

12

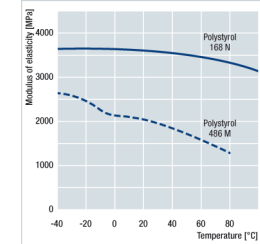
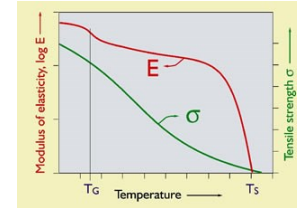


13

## Hőmérséklet hatása:

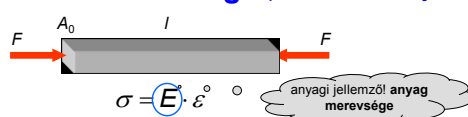


## szemikristályos polimerek



14

## Test merevsége (húzással/összenyomással szemben)

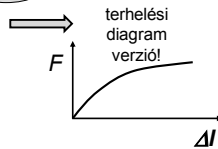


$$F = E \cdot \frac{A_0}{l_0} \Delta l = D \Delta l$$

a testre jellemző (anyagi + geometriai tényezők)!  
test merevsége  
(húzással/összenyomással szemben)  
rugó merevség

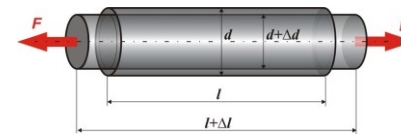
**Anyag merevsége:** egységnyi relatív hosszváltozáshoz szükséges feszültség.

**Test merevsége:** egységnyi (abszolút) hosszváltozáshoz szükséges erő.



15

## Harántirányú méretváltozás:

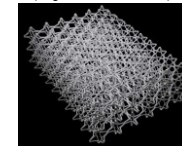


$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta l}{l} \quad \mu - \text{Poisson-szám} \quad [\mu] = 1$$

Pl.

anyag	$\mu$
fogzománc	0,33
dentin	0,31
amalgám	0,31
PDL	0,45
polimerek	0,40–0,50

Auxetikus anyagok  
(negatív Poisson-szám):

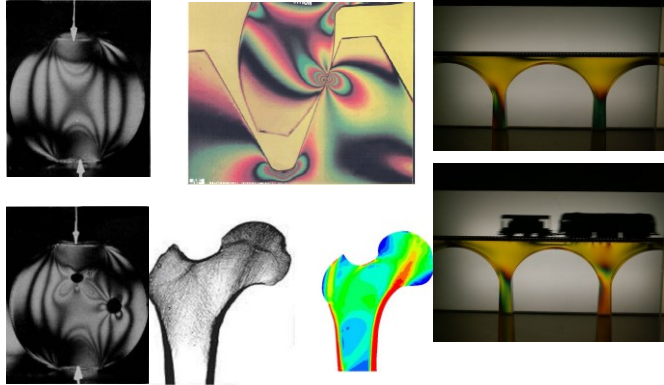


Homogén, izotróp anyag rugalmas viselkedését egyértelműen meghatározza E és  $\mu$ .

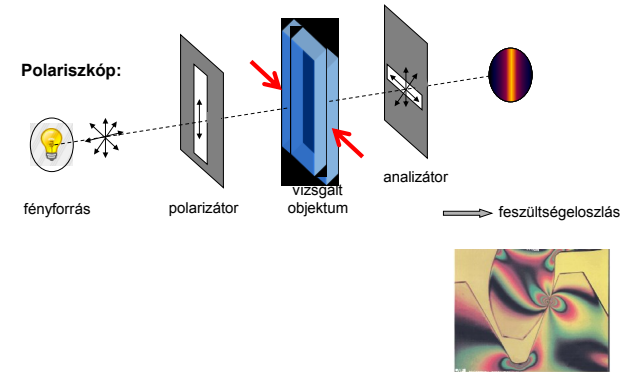
16

## Belső feszültségek vizsgálata

- kísérleti: feszültségoptikai mérések

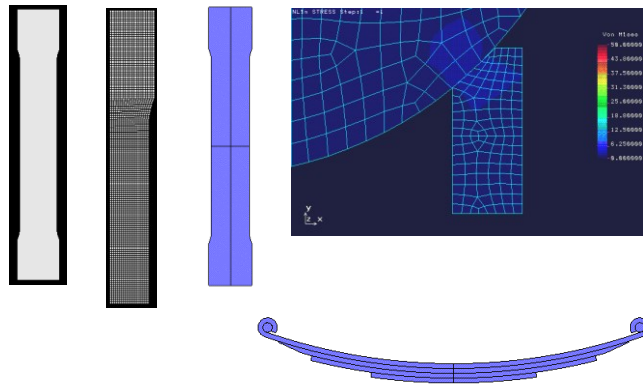


7



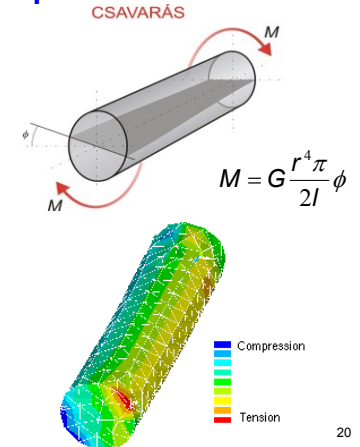
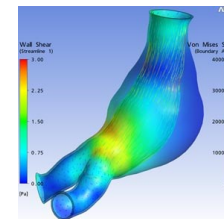
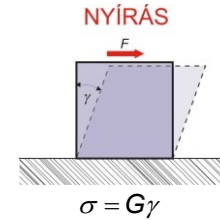
18

- elméleti: véges elem analízis

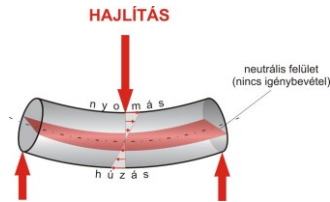


19

## További deformáció típusok

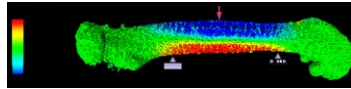


20



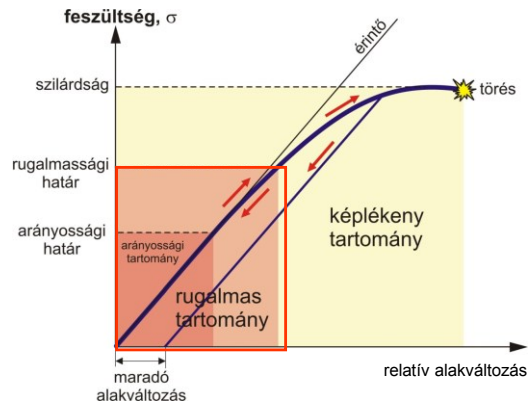
„hajlítás =  
nyújtás + összenyomás”

Hárompontos hajlítási teszt:

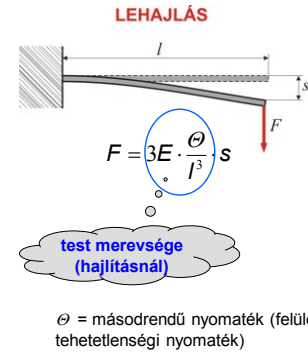


21

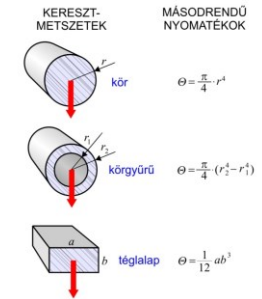
Terhelési diagram az arányossági tartományon kívül



23



$\Theta$  = másodrendű nyomaték (felületi  
tehetetlenségi nyomaték)

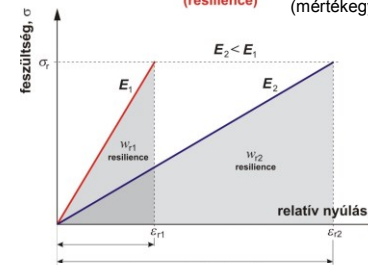


22

Egyéb rugalmassági jellemzők

FAJLAGOS ELASZTIKUS  
DEFORMÁCIÓS MUNKA ( $w_r$ )

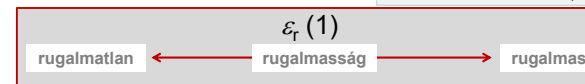
(resilience) (mértékegysége J/m<sup>3</sup>)



$$w_r \approx \frac{1}{2} \sigma_r \varepsilon_r = \frac{1}{2} E \varepsilon_r^2 = \frac{1}{2E} \sigma_r^2$$

visszarugózó képesség

**rugalmas** B m n 1. A rá ható erő  
következtében megváltozott alakját a  
hatás megszűntével visszanyerő. |  
Vmihez hozzáüldöve róla visszapattandó.



24