



## Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

### 7.

#### Mechanikai tulajdonságok 1.

Kiemelt témák:

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

Tankönyv  
fejezetei:  
14-15.

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

1

**rugalmas** B mn 1. A rá ható erő következtében megváltozott alakját a hatás megszűntével visszanyerő. | Vmihez hozzájutódva róla visszapatlanó.

**képlékeny** C mn 1. Műsz Könnyen gyúrható, alakítható.

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

**erős** A I. mn 3. Károsító hatásoknak ellenálló, szilárd, tartós. Erős szövet, vár. Szh: erős, mint a bőr: nagyon tartós <szövet>.

**gyenge** A gyöngye I. mn 2. Nagyobb megterhelést el nem viselő. Gyenge kötél. | nép

**szilárd** B mn 1. Helyéből ki nem mozdítható, biztos, erős, tartós. Szilárd építmény; szilárdan összeilleszt vmit. 2. Fiz Határozott térfogatú és alakú <anyag, test, ill. ennek halmazállapota

**szívós** B mn 1. Nehezen törhető, szakítható, téphető v. rágható.

3

## Egy kis nyelvészkedés:

„A marslakók egyike, Teller Ede gyakran mondogatta, hogyha ő nem Ady Endre nyelvén tanul gondolkodni, akkor belőle legfőljebb csak egy közepesnél valamivel jobb fizikatanár lett volna.”



Ove Berglund svéd orvos és műfordító:

„Ma már, hogy van fogalmam a nyelv struktúrájáról, az a élelményem: a magyar nyelv az emberi logika csúcsterméke.”



Jacob Grimm meseíró és egyben az első német nyelvten megalkotója is a 19. században:

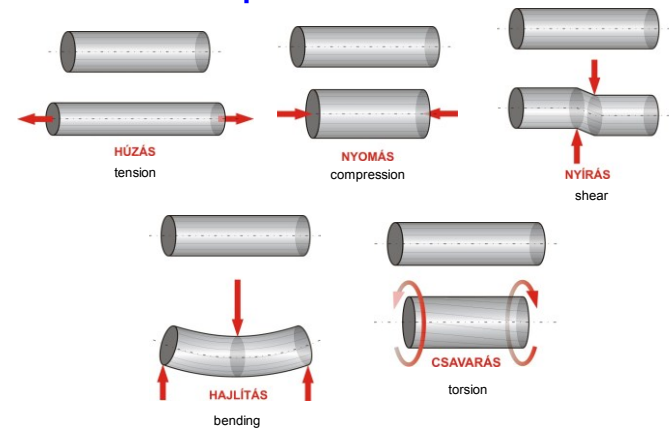
„A magyar nyelv logikus és tökéletes felépítése felülmúl minden más nyelvet”



2

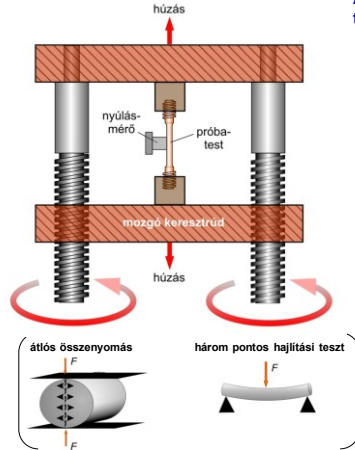
## Deformációtípusok

erőhatás → alakváltozás (deformáció)



4

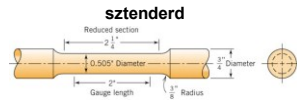
## Tesztelés



A mérésből nyert mechanikai tulajdonságok értékét befolyásolja:

- Az igénybevétel típusa (nyújtás, ...)

- A minta geometriája



- A terhelés időbeli lefutása

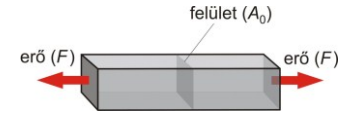
- statikus
- dinamikus
- tartós (egyenletes, változó)

- hőmérséklet

5

## 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) ( $\varepsilon$ ):

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

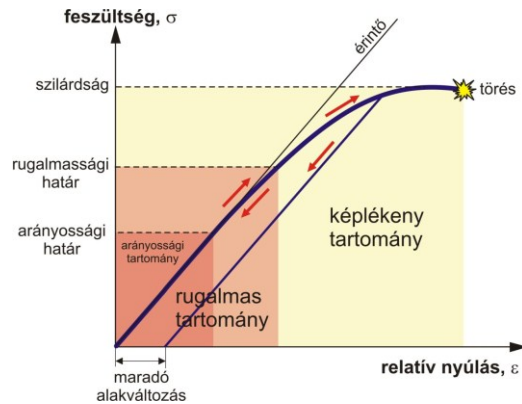
mérnöki rendszer!

→ belső feszültségek

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

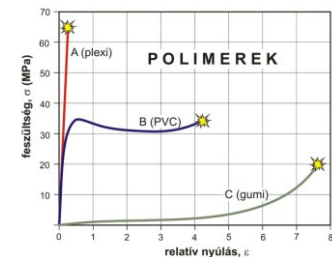
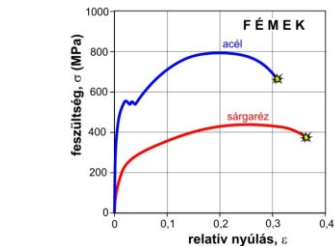
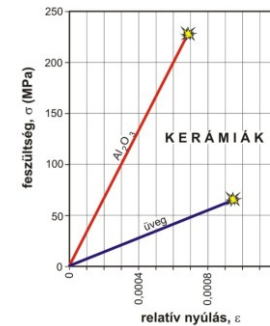
6

## Terhelési diagram



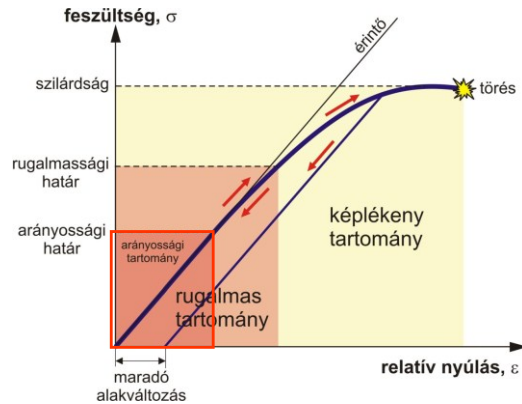
7

Példák:



8

## Terhelési diagram

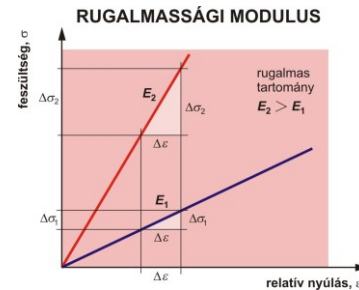


9

## Rugalmas viselkedés (arányossági határig)

### Húzás/összenyomás

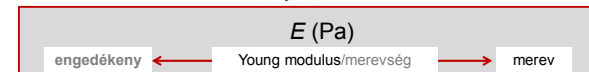
Hooke-törvény:  $\sigma = E \cdot \varepsilon$   $E$  — **rugalmassági (Young-) modulus** [ $E$ ] = Pa



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

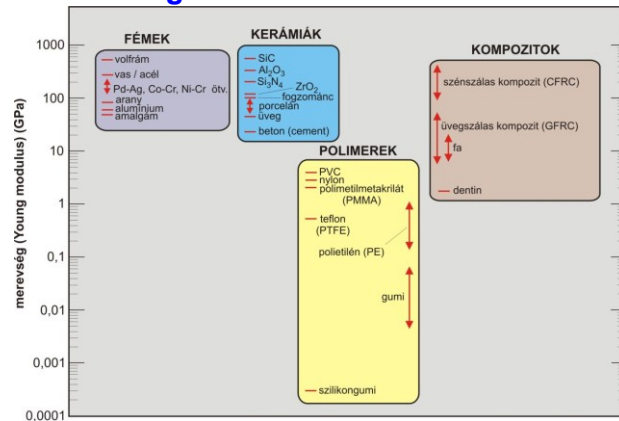
$E$  — nyújtással, vagy összenyomással szemben mutatott „ellenállás”, **merevség**

$1/E$  — nyújtásra vagy összenyomásra való „készség”, **rugalmasság**

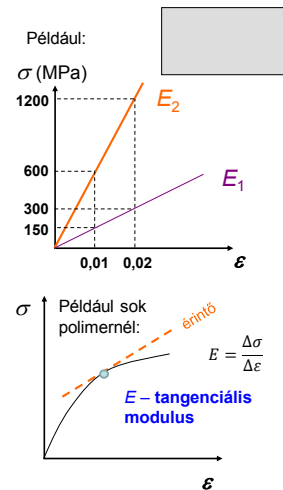


10

## Merevség



11

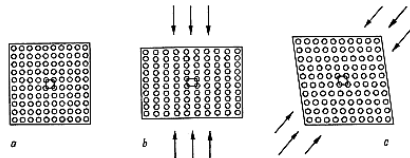


### Néhány fogászati anyag merevsége:

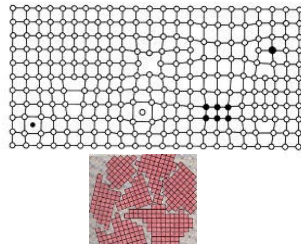
anyag	$E$ (GPa)
fogzomlanc	$\approx 100$
dentin	$\approx 15$
acél	200-230
amalgám	50-60
arany	79
arany ötvözetek	75-110
Pd-Ag ötvözetek	100-120
Co-Cr ötvözetek	120-220
Ni-Cr ötvözetek	140-190
üveg	60-90
kerámiák	60-400
porcelán	60-110
PMMA (polimetilmetakrilát)	2,4-3,8
szilikon	$\approx 0,0003$

12

## Rugalmas alakváltozás atomi szinten



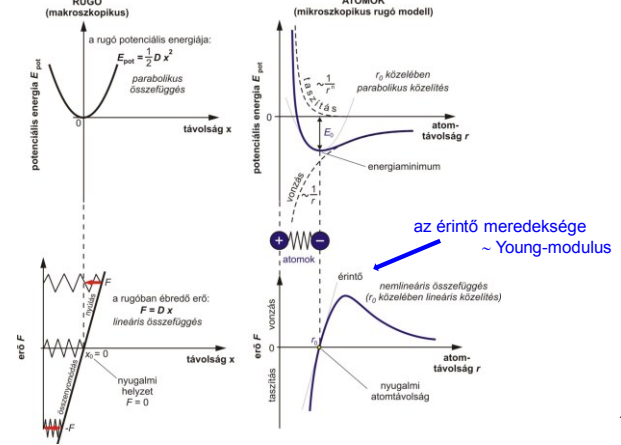
Kristályhibák, szemcseméret szerepe?



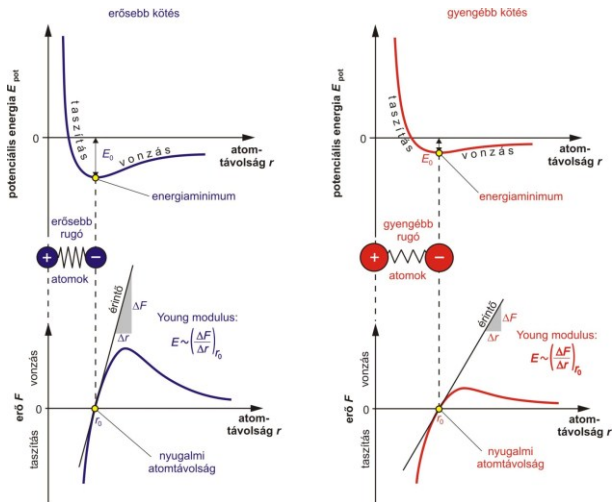
A Young-modulus ( $E$ ) és a Poisson szám ( $\mu$ ) (l. később) kevésbé érzékenyek a hibákra.

13

## A Young-modulus atomi értelmezése

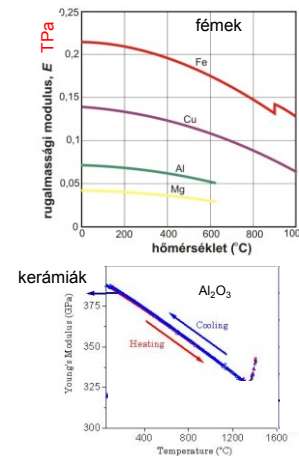


14

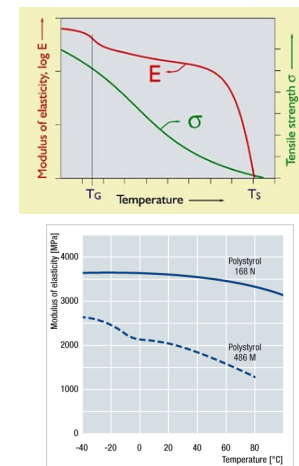


15

## Hőmérséklet hatása:

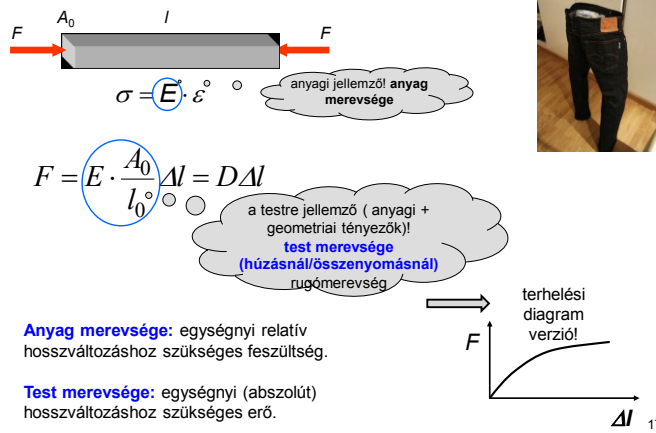


## szemikristályos polimerek

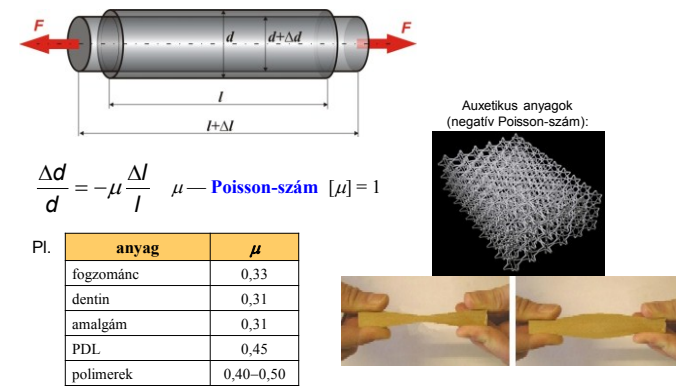


16

## Test merevsége (húzással/összenomással szemben)

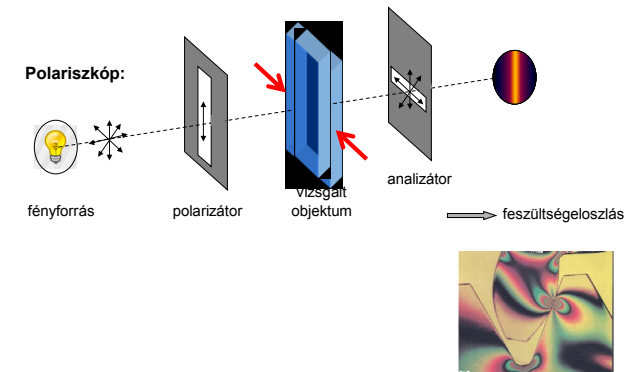
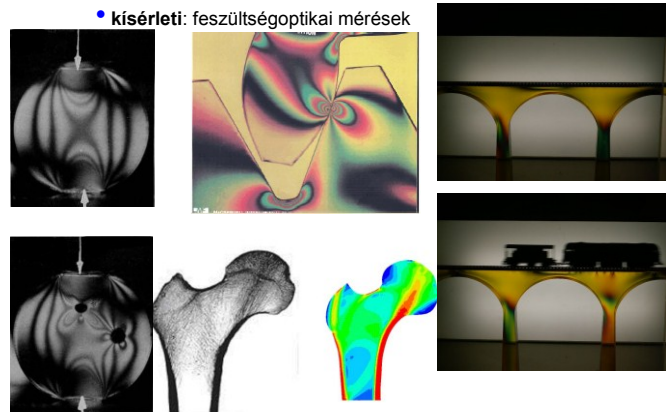


## Harántirányú méretváltozás:

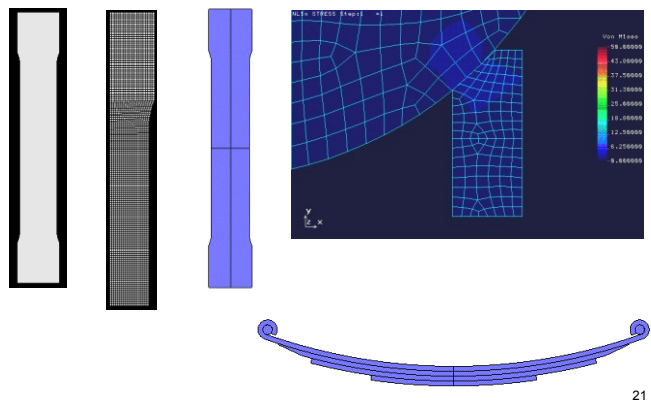


Homogén, izotróp anyag rugalmas viselkedését egyértelműen meghatározza  $E$  és  $\mu$ .

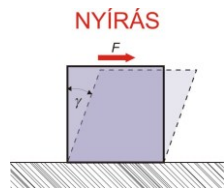
## Feszültség eloszlás vizsgálata



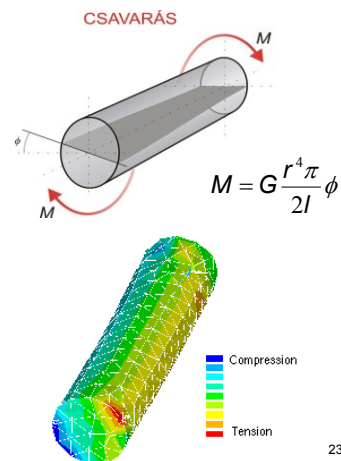
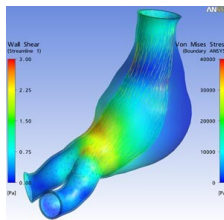
- elméleti: véges elem analízis



21

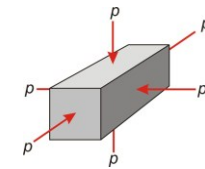


$$\sigma = G\gamma$$



23

## Izotróp összenyomás



$$p = \frac{E}{3(1-2\mu)} \frac{\Delta V}{V}$$

$K$ : térfogati rugalmassági (kompressziós) modulus (Pa)

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{3(1-2\mu)}{E} p$$

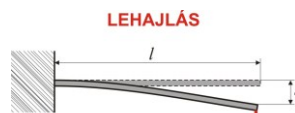
$\kappa$ : kompresszibilitás (1/Pa)

anyag	$\kappa$ (1/GPa)
levegő	7650
víz	0,45
aluminium	0,009

22

## Hajlítás

„hajlítás = nyújtás + összenyomás”

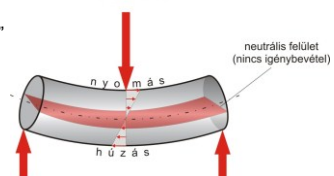


$$F = 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} \cdot s$$

test merevsége (hajlításnál)

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

## HAJLÍTÁS



KERESZT. METSZETEK

MÁSODENDŰ NYOMATÉKOK

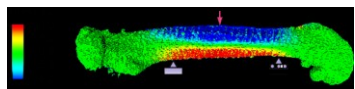
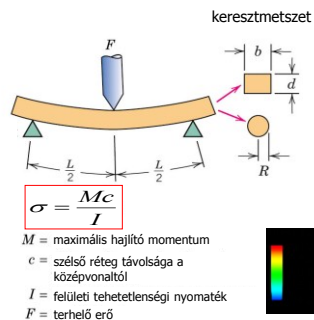
kör  $\Theta = \frac{\pi}{4} \cdot r^4$

körgyűrű  $\Theta = \frac{\pi}{4} \cdot (r_2^4 - r_1^4)$

tégialap  $\Theta = \frac{1}{12} \cdot a \cdot b^3$

24

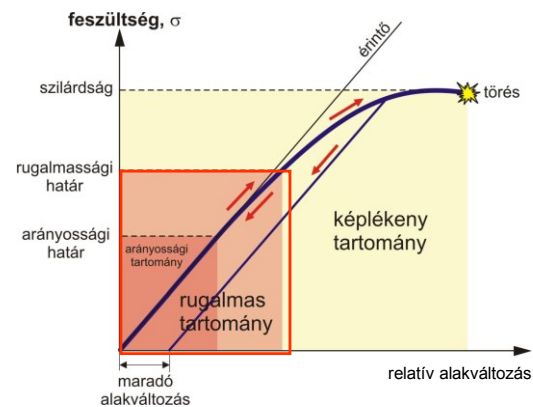
## Hárompontos hajlítási teszt



	$\frac{M}{FL/4}$	$\frac{c}{d/2}$	$\frac{I}{bd^3/12}$	$\frac{\sigma}{\frac{3FL}{2bd^2}}$
	$\frac{FL}{4}$	$R$	$\frac{\pi R^4}{4}$	$\frac{FL}{\pi R^3}$

25

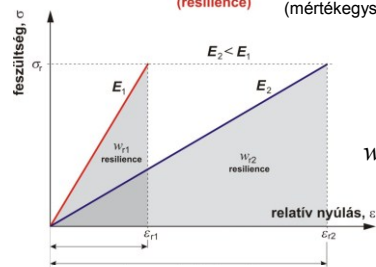
## Terhelési diagram



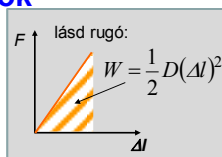
26

## Egyéb rugalmassági jellemzők

**FAJLAGOS ELASZTIKUS DEFORMÁCIÓS MUNKÁ (w<sub>r</sub>)**  
 (resilience) (mértékegysége J/m<sup>3</sup>)

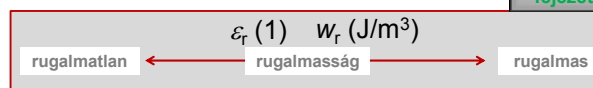


**viisszarugózó képesség**



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

Következő előadáshoz:  
 16-17. tankönyvi fejezetek



27