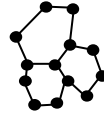


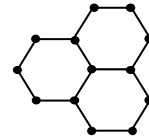
STRUKTURA A VLASTNOSTI PEVNÝCH LÁTEK

1. Druhy pevných látek

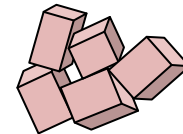
AMORFNÍ – nepravidelné uspořádání molekul



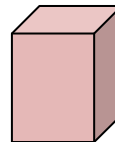
KRYSTALICKÉ – pravidelné uspořádání molekul – krystalická mřížka



polykrystaly – více „jader“ (krystalových zrn), většinou izotropní (stejně vlastnosti ve všech směrech) – viz příloha



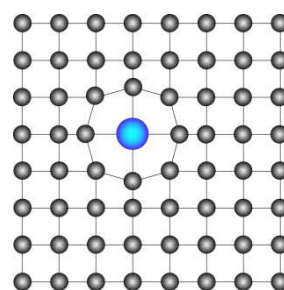
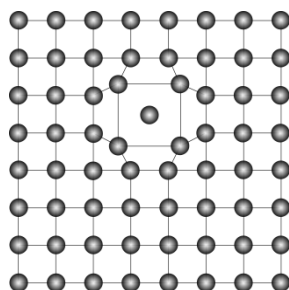
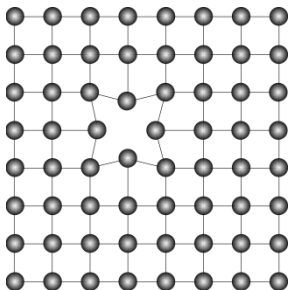
monokrystaly – periodické uspořádání v celém objemu, mohou být anizotropní



Najděte příklady všech výše uvedených skupin pevných látek.

2. Poruchy krystalové mřížky

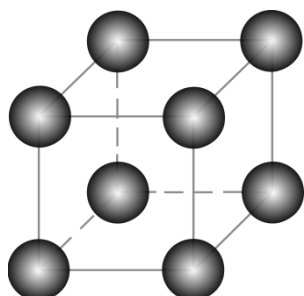
= nepravidelnosti v uspořádání – např. chybějící částice (vakance), částice navíc (intersticiální poloha), příměsi (atomy jiných prvků)



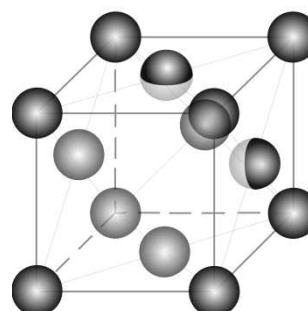
3. Ideální krystalová mřížka

elementární buňka se pravidelně bez poruch opakuje v celém krystalu

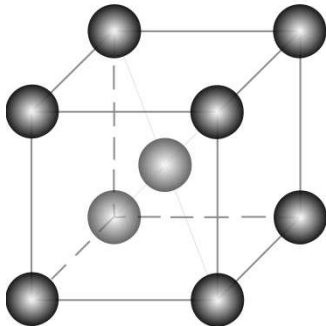
KRYCHLOVÁ (KUBICKÁ) PROSTÁ
Po α



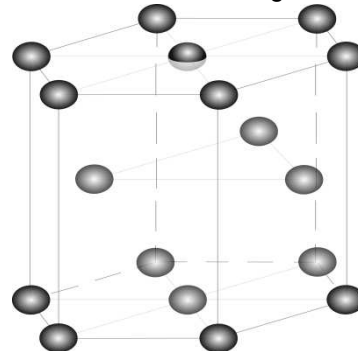
KRYCHLOVÁ (KUBICKÁ) PLOŠNĚ CENTROVANÁ
Al, Ni, Cu, Ag, Au, Fe γ



KRYCHLOVÁ (KUBICKÁ) PROSTOROVĚ CENTROVANÁ
Li, Na, Cr, K, W, Fe α



ŠESTEREČNÁ (HEXAGONÁLNÍ)
Zn, Mg



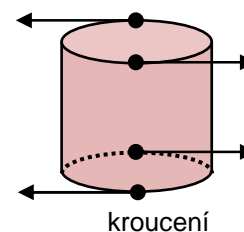
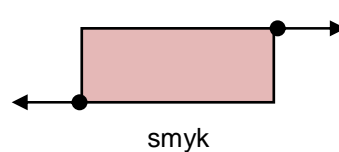
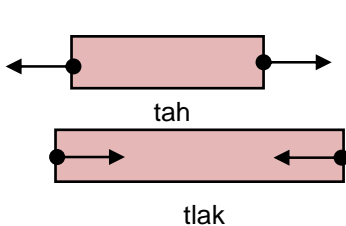
Otázky:

1. Kolik atomů hliníku připadá v průměru na jednu elementární buňku krychlové plošně centrované krystalické soustavy?
2. Vypočítejte hustotu hliníku. Uvažujte mřížkovou konstantu $a = 0,405 \text{ nm}$ a relativní atomovou hmotnost $A_r = 26,98$
3. Kolik atomů připadá v průměru na elementární buňku
prosté krychlové krystalické soustavy

prostorově centrované krychlové krystalické soustavy
4. Vypočítejte mřížkovou konstantu (hranu elementární buňky) prostorově centrované krychlové krystalické soustavy Fe α . Předpokládejte relativní atomovou hmotnost $55,85$ a hustotu $7870 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

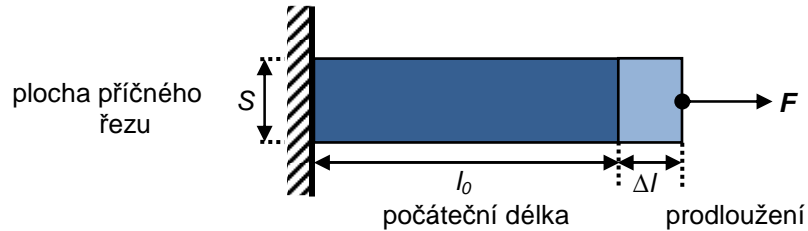
4. Deformace pevného tělesa

- PRUŽNÁ (ELASTICKÉ) – změna tvaru je dočasná, přestanou-li působit deformační síly, těleso získá opět původní tvar a velikost
- PLASTICKÁ (TVÁRNÁ) – změna tvaru je trvalá

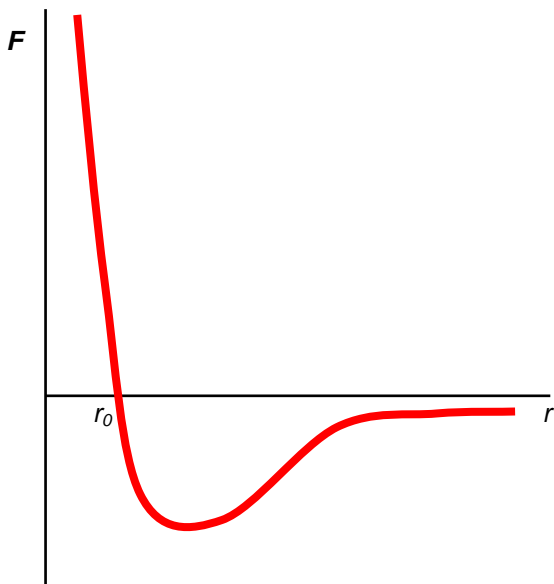


5. Napětí (σ) a relativní prodloužení (ε), síla a prodloužení (Δl)

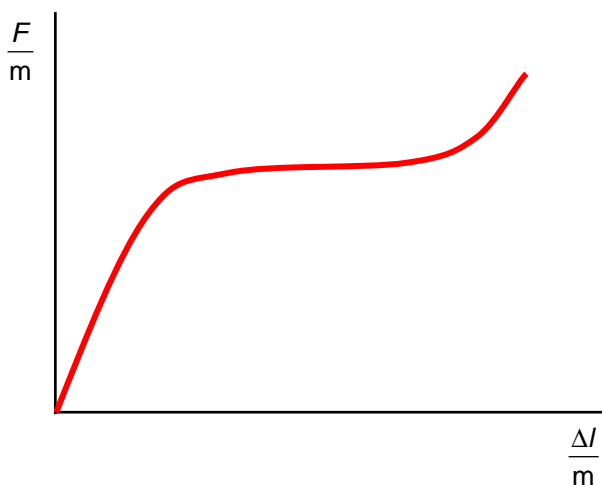
V tělese (tyči, drátu) vzniká napětí – částice mění polohy a vzájemně se přitahují (F - r graf), v určitém rozsahu sil, jež nepřekročí určitou velikost platí $F \propto \Delta l$



závislost síly mezi částicemi na jejich vzdálenosti (F - r graf)



křivka deformace

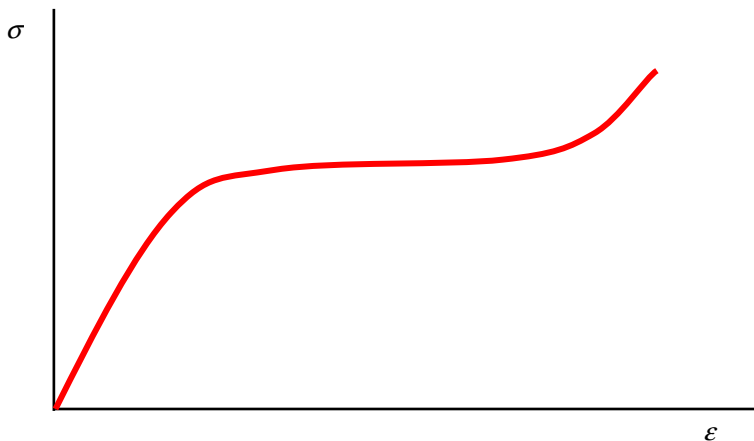


Průběh křivky má pro různé materiály různý tvar, ale pro různé vzorky (S, l_0) téhož materiálu je obdobný. To je důležité pro architekty a konstruktéry – mohou vybrat vhodný materiál. Pro srovnání materiálů je vhodnější závislost napětí a relativního prodloužení (elastický diagram).

(normálové) napětí: $\sigma = \frac{F}{S}$ $[\sigma] = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} = \text{Pa}$

relativní prodloužení: $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ $[\varepsilon] \dots$ bez rozměru

elastický diagram



vyznačte body:

$U \dots \sigma_U \dots$ mez úměrnosti

$E \dots \sigma_E \dots$ mez pružnosti (elasticity) – hranice pro dočasnou deformaci

$K \dots \sigma_K \dots$ mez kluzu (průtažnosti) – tečení materiálu – malá změna napětí $\Delta\sigma$ vyvolává velké prodloužení

$P \dots \sigma_P \dots$ mez pevnosti (přetržení materiálu, porušení soudržnosti) – důležitá hodnota

Hodnoty σ_P najdeme v tabulkách:

ocel	350 – 2000 MPa
hliník	70 – 190 MPa

6. Hookův zákon (1676)

Platí pouze do meze úměrnosti!

$$\sigma = E\varepsilon$$

neboli $\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l_0}$

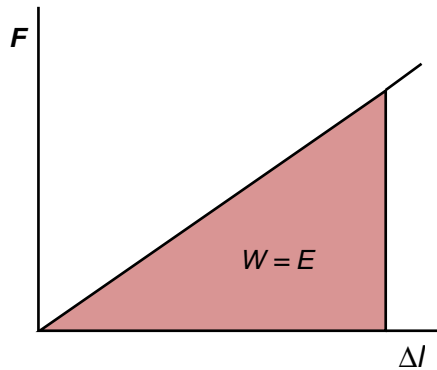
$E \dots$ modul pružnosti v tahu (Youngův modul) – látková konstanta uváděná v tabulkách

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{Fl_0}{S\Delta l} \Rightarrow \{E\} = \{F\} \Leftrightarrow S = 1\text{m}^2 \wedge \Delta l = 1\text{m} \wedge l_0 = 1\text{m}$$

materiál	ocel	hliník	měď
$\frac{E}{\text{MPa}}$	220×10^3	67×10^3	125×10^3

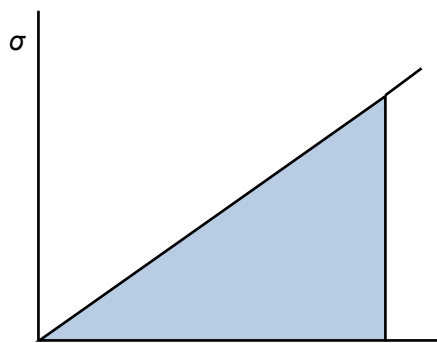
7. Polohová energie pružné deformace

Opakování učiva – velikost plochy pod grafem závislosti síly na poloze (přemístění) odpovídá vykonané práci



$$W = \frac{1}{2} F \Delta l = E \quad \text{energie v prodlouženém materiálu}$$

Co představuje plocha pod křivkou elastického diagramu?



plocha pod křivkou = $\frac{1}{2} \sigma \varepsilon = \frac{1}{2} \frac{F \Delta l}{S l_0} = \frac{\text{energie uchovaná v materiálu}}{\text{objem vzorku}} = \text{energie v } 1 \text{ m}^3 = \text{hustota energie deformovaného materiálu}$

Otázky:

5. Jak se změní normálové napětí železného drátu, zvětší-li se tahová síla působící na drát 9krát a průměr drátu 3krát?

6. Jakou délku musí mít měděný drát zavěšený ve svislé poloze, aby se roztrhl působením vlastní tíhy? Hustota mědi je $8930 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, mez pevnosti mědi je 180 - 450 MPa, tíhové zrychlení $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

PRAKTICKÉ CVIČENÍ

Porovnejte Youngovy moduly různých látek, sestrojte grafy závislosti síly na prodloužení a diskutujte rozdíly.

Pomůcky: ocelová struna, rybářské vlákno, mikrometr nebo posuvné měřítko, metr, závaží

ocelová struna

$$l_0 = \quad \quad \quad d = \quad \quad \quad S =$$

rybářské vlákno

$$l_0 = \quad \quad \quad d = \quad \quad \quad S =$$

	ocelová struna				rybářské vlákno			
	$\frac{F}{N}$	$\frac{l}{m}$	$\frac{\Delta l}{m}$	$\frac{E}{\text{MPa}}$	$\frac{F}{N}$	$\frac{l}{m}$	$\frac{\Delta l}{m}$	$\frac{E}{\text{MPa}}$
1								
2								
3								
4								
5								

$$E =$$

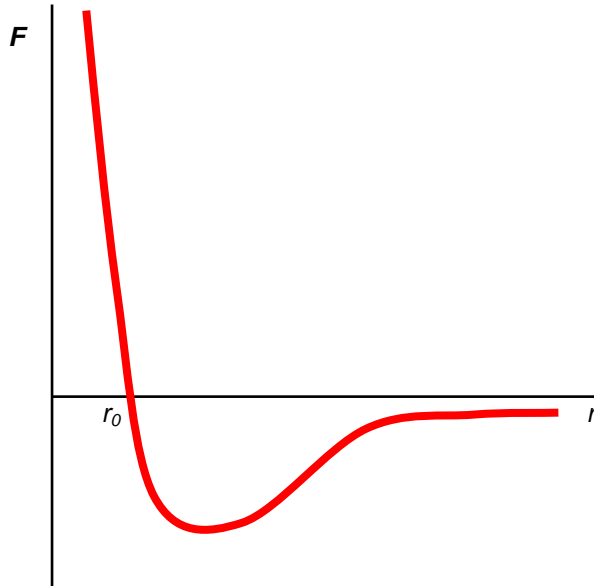
$$E =$$

Grafy:

Diskuse:

8. Teplotní roztažnost pevných látek

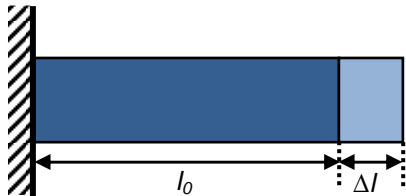
Vysvětlení, proč se částice od sebe vzdalují při zvýšení teploty, plyne opět z grafu F-r



při nízkých teplotách – symetrické kmity okolo rovnovážné polohy

při vyšších teplotách – asymetrické kmity s výchylkami většími na straně prodloužení

a) teplotní délková roztažnost



Při zahřívání – prodloužení závisí na původní délce, změně teploty a MATERIÁLU

α ... teplotní součinitel délkové roztažnosti, materiálová konstanta

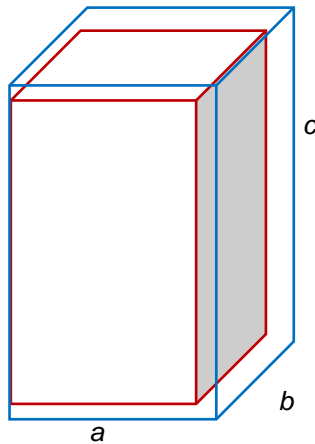
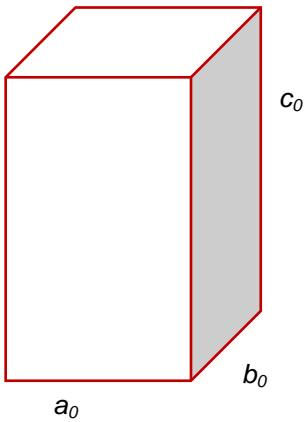
$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t} \quad \{\alpha\} = \{\Delta l\} \Leftrightarrow l_0 = 1 \text{ m} \wedge \Delta t = 1 \text{ K}$$

$$[\alpha] = \text{K}^{-1}$$

$$\text{nová délka } l = l_0 + \Delta l = l_0 + l_0 \alpha \Delta t = l_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

	měď	hliník	železo
$\frac{\alpha}{10^{-5} \text{K}^{-1}}$	1,7	2,4	1,2

b) teplotní objemová roztažnost



$$V = abc = a_0(1 + \alpha\Delta t)b_0(1 + \alpha\Delta t)c_0(1 + \alpha\Delta t) = V_0(1 + \alpha\Delta t)^3 \approx V_0(1 + 3\alpha\Delta t)$$

Otázky:

7. Vypočtete, jak velkou silou by bylo třeba působit na ocelovou tyč průřezu 5 cm^2 , aby se prodloužila o tolik, o kolik se prodlouží ohřátím o $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Teplotní součinitel délkové roztažnosti oceli je $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, modul pružnosti oceli v tahu je 200 GPa .

8. Délkové měřidlo (např. ocelové pásmo) je kalibrováno při teplotě $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Při teplotě $30 \text{ }^\circ\text{C}$ naměříme délku 35 m . Určete, jaká je správná naměřená délka, jestliže $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

L3/123-132

Odpovědi:

1. $1+3=4$
2. $2700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
3. 1; 2
4. $0,287 \text{ nm}$
5. nezmění se
6. $2 \text{ 055 m} - 5 \text{ 137 m}$
7. 1 200 N
8. $35,0042 \text{ m}$

PŘÍLOHA - KRYSTALY



kazivec
fluorite



galenit
galena



kalcit
calcite



kuprit
cuprite



bauxit
bauxite



granát
garnet



síra
sulphur



chlorid sodný
halite



hematit
haematite



křišťál
crystal



ametyst
amethyst



křemen
quartz



pyrit
pyrite



pyrit
pyrite



růženín
rose quartz



záhněda
smoke-stone



hyalit
hyalite



chalkopyrit
chalcopyrite



živce
feldspar



sádrovec
gypsum



turmalín
tourmaline



molybdenit
molybdenite



chalkantit
chalcantite