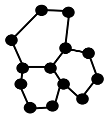
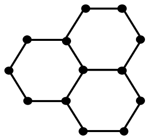
STRUKTURA A VLASTNOSTI PEVNÝCH LÁTEK

1. Druhy pevných látek

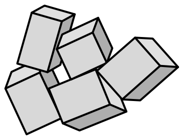
AMORFNÍ – nepravidelné uspořádání molekul



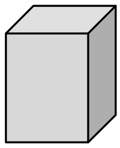
KRYSTALICKÉ – pravidelné uspořádání molekul – krystalická mřížka



<u>polykrystaly</u> – více „jader“ (krystalových zrn), většinou izotropní (stejné vlastnosti ve všech směrech) – viz příloha



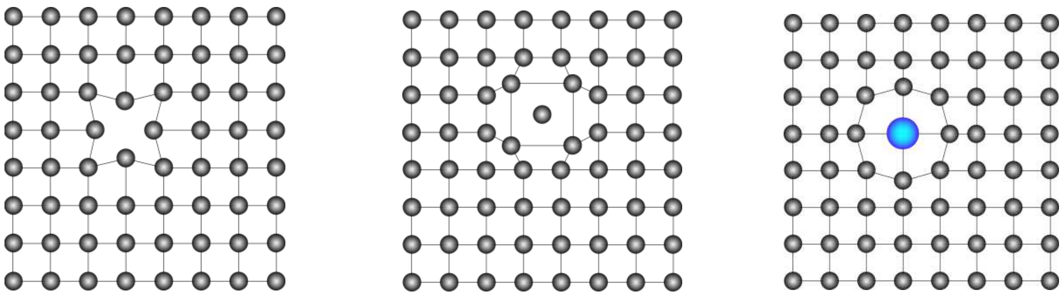
<u>monokrystaly</u> – periodické uspořádání v celém objemu, mohou být anizotropní



Najděte příklady všech výše uvedených skupin pevných látek.

2. Poruchy krystalové mřížky

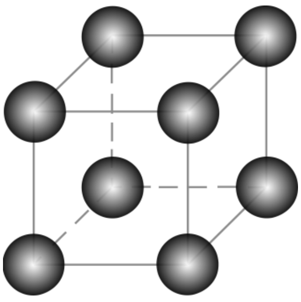
= nepravidelnosti v uspořádání – např. chybějící částice (vakance), částice navíc (intersticiální poloha), příměsi (atomy jiných prvků)



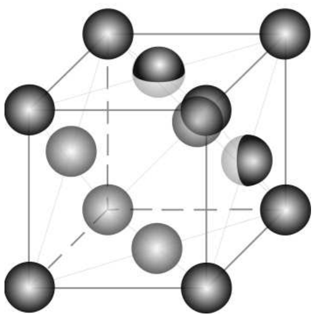
3. Ideální krystalová mřížka

elementární buňka se pravidelně bez poruch opakuje v celém krystalu

KRYCHLOVÁ (KUBICKÁ) PROSTÁ
Po α

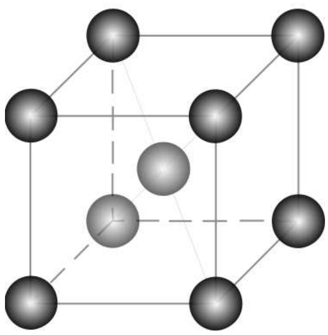


KRYCHLOVÁ (KUBICKÁ) PLOŠNĚ CENTROVANÁ
Al, Ni, Cu, Ag, Au, Fe γ

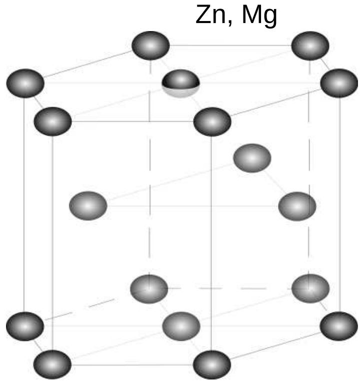


TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY

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. Vypočtěte hustotu hliníku. Uvažujte mřížkovou konstantu a = 0,405 nm a relativní atomovou hmotnost A_r = 26,98

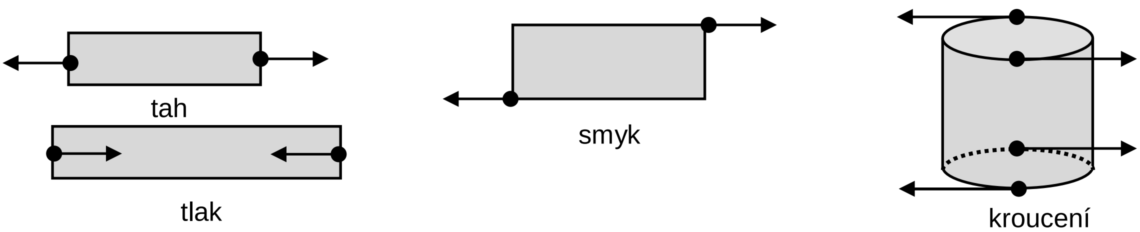
3. Kolik atomů připadá v průměru na elementární buňku
   prosté krychlové krystalické soustavy

   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 $kg \cdot m^{-3}$.

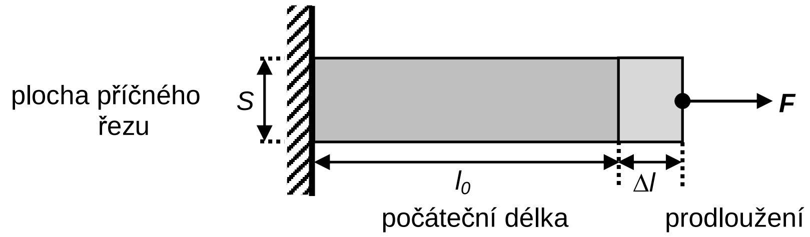
4. Deformace pevného tělesa

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

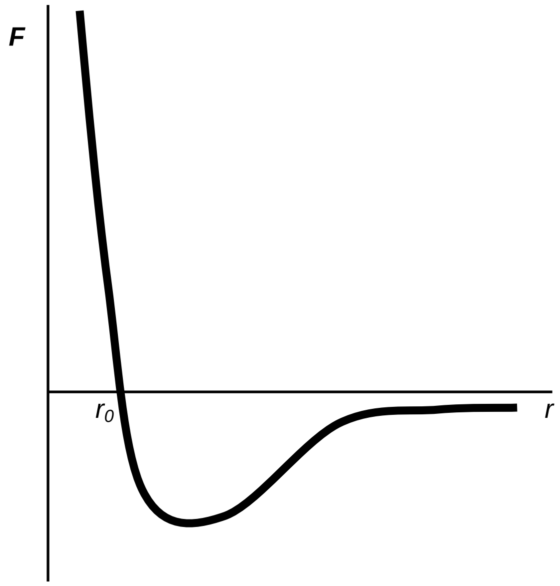


5. Napětí (σ) a relativní prodloužení (ε), síla a prodloužení (Δl)

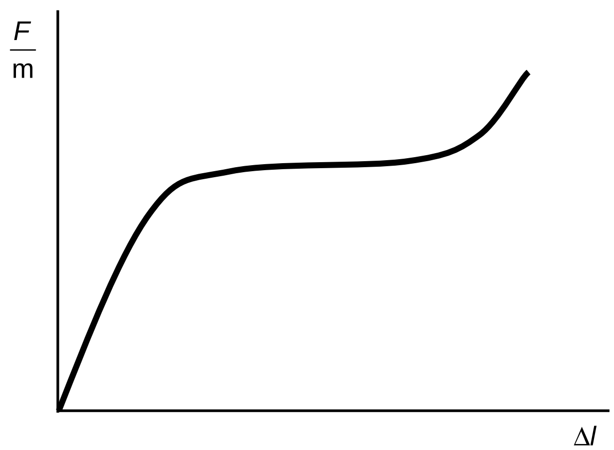
V tělese (tyči, drátu) vzniká napětí – částice mění polohy a vzájemně se přitahují (*F*-*r* graf), v určitém rozsahu sil, jež nepřekročí určitou velikost platí $F \propto \Delta l$



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



křivka deformace



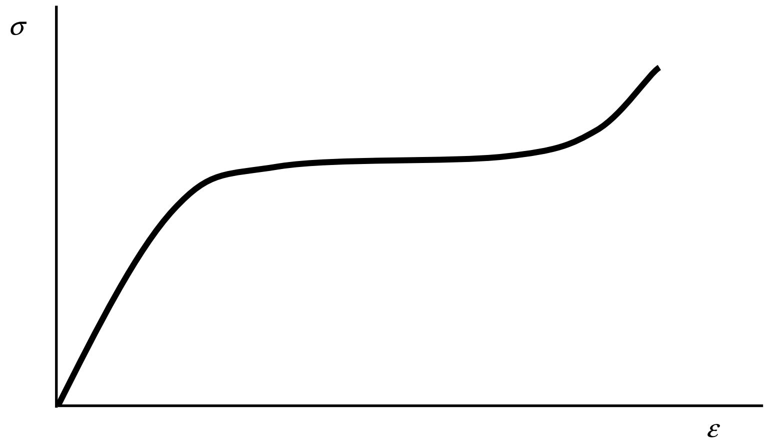
TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY

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: $\sigma = \frac{F}{S}$ $\quad [\sigma] = \mathrm{N \cdot m^{-2}} = \mathrm{Pa}$

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

elastický diagram



vyznačte body:

U … σ_U ... mez úměrnosti

E … σ_E ... mez pružnosti (elasticity) – hranice pro dočasnou deformaci

K … σ_K ... mez kluzu (průtažnosti) – tečení materiálu – malá změna napětí $\Delta\sigma$ vyvolává velké prodloužení

P … σ_P ... 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 $\frac{F}{S} = E\frac{\Delta l}{l_0}$

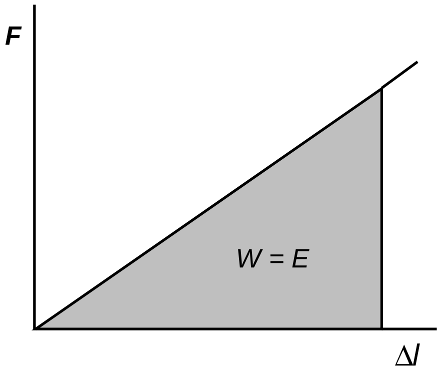
E ... modul pružnosti v tahu (Youngův modul) – látková konstanta uváděná v tabulkách

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

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

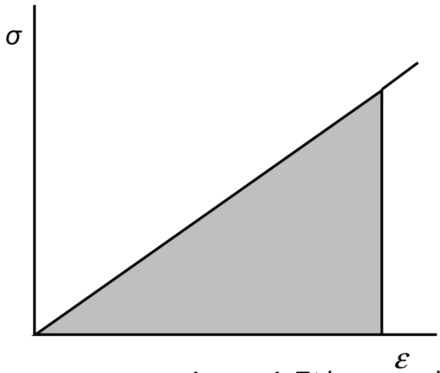
7. Polohová energie pružné deformace

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



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

Co představuje plocha pod křivkou elastického diagramu?



plocha pod křivkou $= \frac{1}{2}\sigma\varepsilon = \frac{1}{2}\frac{F\Delta l}{Sl_0} = \frac{\text{energie uchovaná v materiálu}}{\text{objem vzorku}} =$ energie v 1 m^3 = 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 8 930kg·m^{-3}, mez pevnosti mědi je 180 - 450 MPa, tíhové zrychlení 9,81 m·s^{-2}.

L3/116-122

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

$l_0 =$ $d =$ $S =$

rybářské vlákno

$l_0 =$ $d =$ $S =$

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

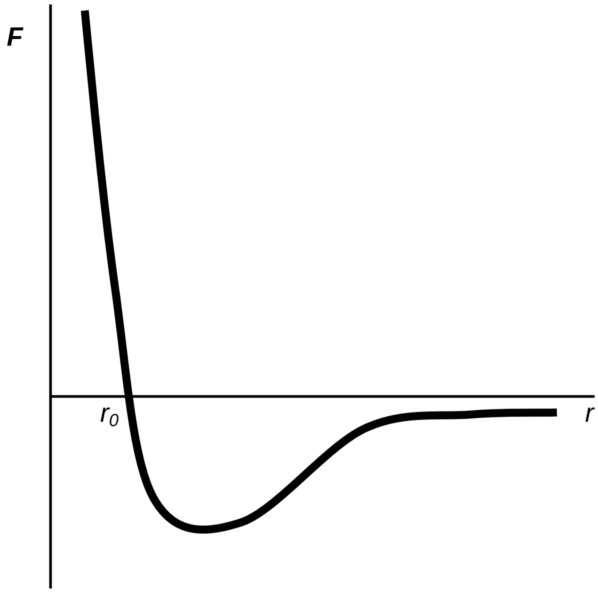
$E =$ $E =$

Grafy:

Diskuse:

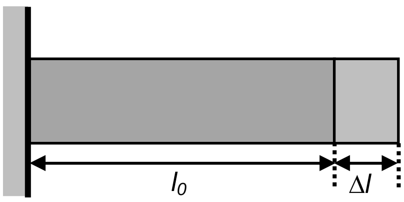
8. Teplotní roztažnost pevných látek

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

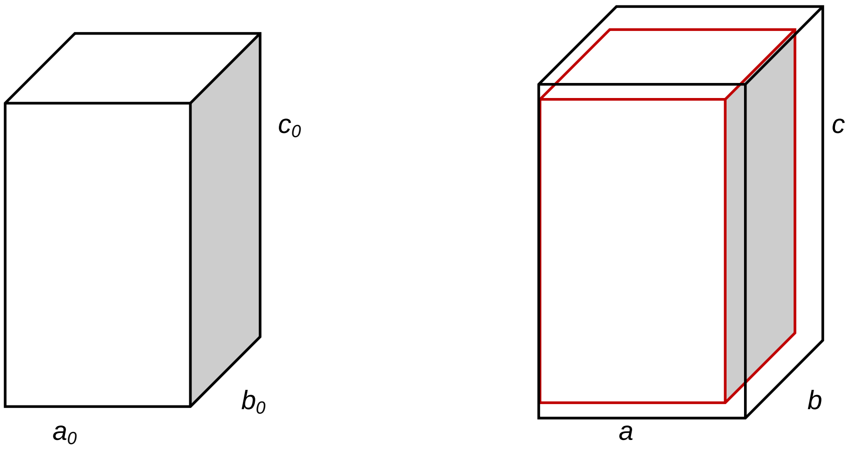
$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t} \qquad \{\alpha\} = \{\Delta l\} \quad \Leftrightarrow \quad l_0 = 1\,\text{m} \wedge \Delta t = 1\,\text{K}$$

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

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. Vypočtěte, 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 ^{o}C. Teplotní součinitel délkové roztažnosti oceli je 1,2 · 10^{-5} K^{-1}, modul pružnosti oceli v tahu je 200 GPa.

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

L3/123-132

Odpovědi:

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

PŘÍLOHA - KRYSTALY

kazivec
fluorite

galenit
galena

kalcit
calcite

kuprit
cuprite

bauxit
bauxite

granát
garnet

síra
sulphur

chlorid sodný
halite

hematit
haematite

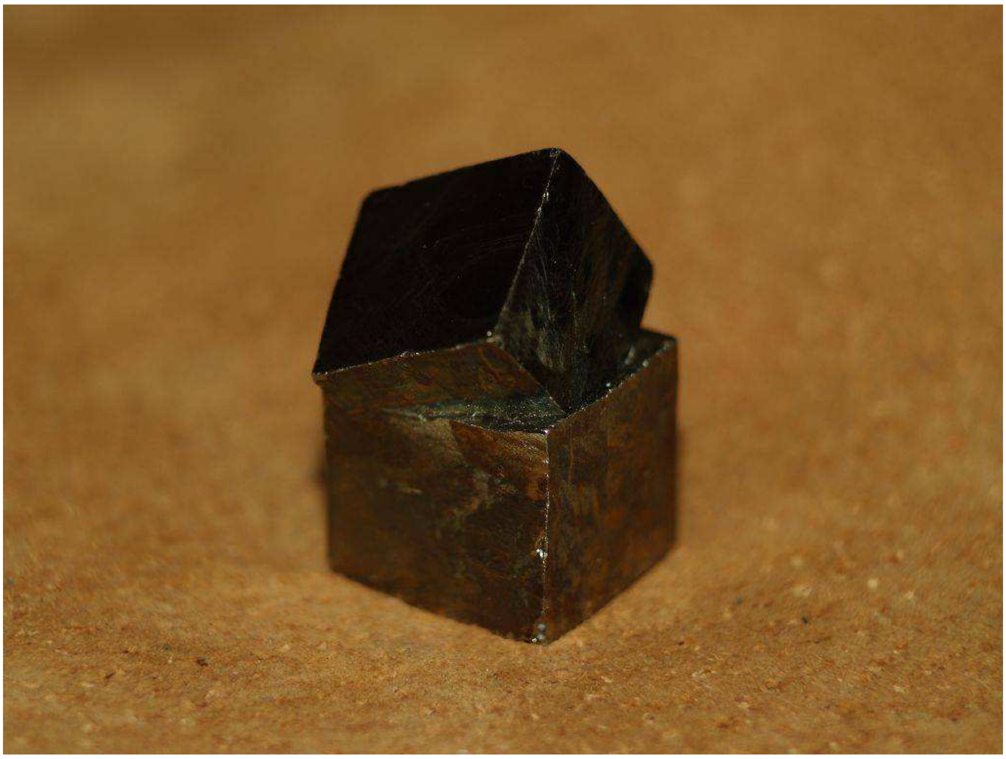
křišťál
crystal

TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY

ametyst
amethyst

křemen
quartz

TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY



pyrit
pyrite

pyrit
pyrite

růženín
rose quartz

záhněda
smoke-stone

hyalit
hyalite

chalkopyrit
chalcopyrite

živec
feldspar

sádrovec
gypsum

turmalín
tourmaline

molybdenit
molybdenite

chalkantit
chalcantite