

Část I

Struktura pevných látek

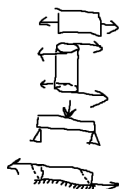
1 Krystalografické soustavy

AAAAAAA

2 Deformace

- typy:

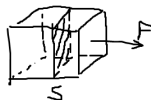
- tahem/tlakem
- kroucením
- ohybem
- smykem



3 Deformace tahem/tlakem

- Normálové napětí:

$$\sigma = F/S; [N/m^2] = [Pa]$$



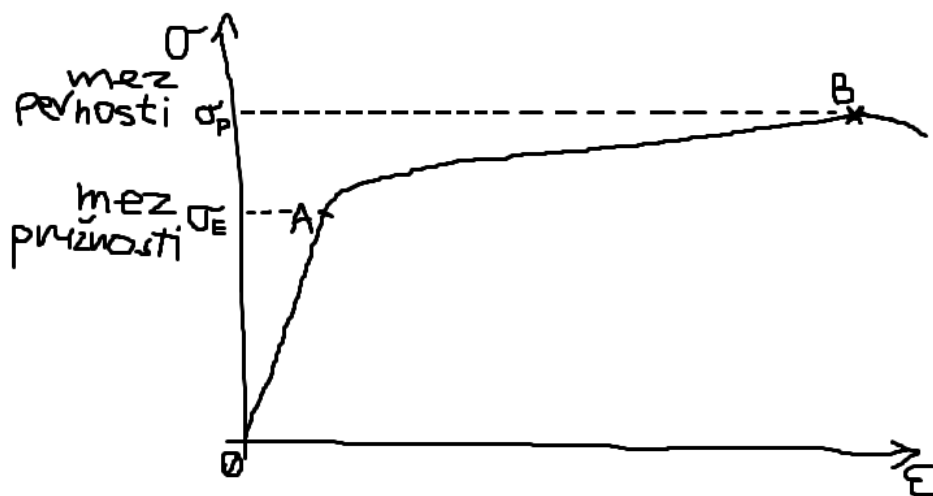
- Změna délky:

$$\Delta l = l - l_0; [m]$$

užitečnější většinou relativní prodloužení:

$$\varepsilon = \Delta l/l_0; [\text{bezrozm.}]$$

3.1 Deformační křivka



- lineární úsek (0 - A)

- pružná deformace
- vratná
- platí Hookův zákon:

$$\varepsilon \propto \sigma$$

tedy slovy: relativní prodloužení je přímo úměrné napětí (ano, to je symbol pro přímou úměrnost, zapamatujte si ho)

$$\sigma = E * \varepsilon$$

E - Youngův modul pružnosti (např. ocel = 220 GPa, cín = 55 GPa, tj. tlak potřebný, abychom objekt roztáhli na dvojnásobnou délku)

- nelineární deformace (A - B)
 - plastická deformace
 - protažení bylo dost velké, aby přesunulo atomy v krystalické mřížce na jiné místo
 - materiál tedy ztrácí schopnost se po deformaci vrátit do původního tvaru
 - při překročení meze pevnosti se materiál prostě trhá na dva kusy

3.1.1 Příklady

1. O kolik se protáhne ocelový drát když na něj zavěsíme závaží:

$$d = 1mm; l = 5m; m = 30kg; E = 220GPa$$

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{300}{\pi * 0,0005^2}$$

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

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

$$\Delta l = \frac{F * l * 0}{S * E} = 8,7 * 10^{-3}m = 8,7mm$$

2. Na ocelové lanko zavěsíme závaží. Jak těžké může být, aby se lanko nepřetrhlo:

$$d = 1mm; \sigma_p = 1,3GPa; K = 5$$

- (a) závaží je v klidu
- (b) závaží se hýbe nahoru

$$a = 1m/s^2$$

- (c) jako kyvadlo OBRAZEKOBRAZEK

Část II

Změny skupenství

Př.: OBRAZEKOBRAZEK $m = 0,2kg$ a) teplota varu: 50 stupnu b) c(kap.) $c = Q/(m * \Delta t) = 200/(0,2 * 40) = 25 Jkg^{-1}K^{-1}$ c) c(plyn) $c = Q/(m * \Delta t) = 200/(0,2 * 20) = 50 Jkg^{-1}K^{-1}$ d) L_v – skupenské teplo varu [J] $L_v = 300J$ l_v = měrné skupenské teplo varu $l_v = L_v/m [Jkg^{-1}]$ $l_v = 300/0,2 = 1500Jkg^{-1}$

Pozn.: pro vodu: l_t (tání) = $332 J kg^{-1}$ $l_v = 2257 J kg^{-1}$

Př.: 1 kg vody z teploty -20 stupnu -i pára 100 stupnu, $P = 1 kW$ led -20 stupnu -i led 0 stupnu: ($c_{ledu} = 2100 J kg^{-1}$) $Q = m * c * \Delta t = 42 kJ$ -i 42 s led 0 stupnu -i voda 0 stupnu: $L_t = m * l_t = 332 kJ$ -i 5 min 32 s voda 0 stupnu -i voda 100 stupnu ($c_{vody} = 4180 J kg^{-1}$) $Q = m * c * \Delta t = 418 kJ$ -i 6 min 58 s voda 100 stupnu -i pára 100 stupnu: $L_v = m * l_v = 2257 kJ$ -i 37 min 37 s (to je šílený)

Pozn.: Hranaty graf platí u krystalických latic, u amorfních latic (kvůli nedokonalostem v uskupení) je graf obly OBRAZEKOBRAZEK AAAAAAAAAA REALNE TOHLE NEMAM SANCÍ DODELAT

Část III

Kmitání

Oscilátor: cokoliv co kmitá, např. kyvadlo, pravítko (lol)

4 Kinematika oscilátoru

Zjednodušení: uvažujeme tzv. harmonický oscilátor – nemá ztráty, kmitá stále stejně (grafem je sinusoida)
Značení: y – okamžitá výchylka y_m – maximální výchylka (max. amplituda), y je z $[-y_m; y_m]$ AAAAAAAAA T
– perioda [s] f – frekvence [s^{-1} =Hz], $f * T = 1$ ω – úhlová frekvence (ekviv. úhlová rychlost), $\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ [s^{-1}] v – obvodová rychlost, $v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$ [ms^{-1}] Pozn.: Průmět přímoč. pohybu po kružnici na jedné ose je sinusoida – kmitání je točení v jedné ose Poloha: OBRAZEKOBRAZEK $y = y_m * \sin(\alpha)$, přejmenujeme $\rightarrow y_m$, $\alpha = \omega t \Rightarrow y = y_m * \sin(\omega t)$, popř. $y = y_m * \sin(\omega t + \phi_0)$, ϕ_0 – počáteční fáze (případný offset na začátku od nul. úhlu) Př.: pružinový oscilátor: $y_m = 10 cm$, $T = 1,2 s$ a) rovnice: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{5\pi}{3} s^{-1}$ $y = 0,1 * \sin(\frac{5\pi t}{3})$ b) poloha v čase $t=0,5 s$: $y = 0,1 * \sin(\frac{5\pi t}{6})$ POZOR RAD!!! $y = 5 cm$ Př.: Rychlost oscilátoru $\cos(\alpha) = v/v_0$ $v = v_0 * \cos(\alpha)$ 1) $\alpha = \omega * t$ 2) $v_0 = \omega * r$ 3) $r = y_m \Rightarrow v = \omega * y_m * \cos(\omega t + \phi_0)$ $v = \frac{2\pi}{1,1} * \cos(t)$

Zrychlení: OBRAZEKOBRAZEK $v_1 = \omega * r$ $a_d = \frac{v_1^2}{r} = \omega^2 * r = \omega^2 * y_m$

$a = a_d * \sin(\omega t + \phi_0)$ $a = \omega^2 * y_m * \sin(\omega t + \phi_0) = \omega^2 * y$ \Rightarrow velikost zrychlení je přímo úměrná okamžité odchylce $a_{max} = \omega^2 * y_m$

AAAAAAAAA hrozně moc pomooc

Př.: Závisí tuhost pružiny na počtu závitů ANO, k vlnovka $\frac{1}{n}$ AAAAAA progresivní pružina (damn liberals)

4.1 Fyzikální kyvadlo

- cokoliv zavěšeného mimo těžiště, tj. v rovnovážné poloze nad těžištěm
- mám těleso, jeho těžiště T, osu otáčení o a délku d mezi nimil

5 Tlumené kmitání

- kromě síly, která je $F \propto -y$ působí i odporová síla, $F_{ODP} \propto -v$, $F_{ODP} \propto -b * v$; b – součinitel lineárního odporu [kg/s] OBRAZEKOBRAZEK
- $y = y_m * e^{-\frac{bt}{2m}} * \sin(\omega' t + \phi_0)$
- důsledky
 1. je-li b malé ($b^2 \ll 4mk$); AAAAA Př.: tlumí se to velmi pomalu
 2. Je-li b velké ($b^2 > 4mk$), kmitání je ztlumeno tak moc, že ani nekmitá, nemá to dost velkou sílu – $\omega = \text{sqrt}$ záporné číslo OBRAZEKOBRAZEK

6 Energie pružinového oscilátoru

- kinetická: $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m * y_m^2 * \omega^2 * \cos^2(\omega t) = \frac{1}{2}k * y_m^2 * \cos^2(\omega t)$
- $\cos(2x) = 2\cos^2(x) - 1$; $\cos^2(x) = \frac{1+\cos(2x)}{2}$ OBRAZEKOBRAZEK y a Ek
- potenciální: $E_p = W = \frac{1}{2}F * y$

7 Vlnění

- $y(x, t) = y_m \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - 2\pi ft + \phi\right)$

7.1 Interference vlnění

- skládání vlnění, když se vlny potkají, tak se jednoduše sečtou $y = y_1 + y_2$ OBRAZEKOBRAZEK
- pro jednoduchost budeme skládat vlnění se stejnou λ , f a s různou fází
- vlny můžeme jednoduše sčítat pomocí fázorů a kosinové věty
- speciální případy
 - fázory jsou identické – konstruktivní interference, dvakrát větší amplituda, stejná frekvence, vln. délka
 - fázory jsou protilehlé – destruktivní interference, nulová amplituda

7.2 Stojaté vlnění

- interference postupné a odražené vlny
- $y_1 = y_m \sin(\omega t - kx)$
- $y_2 = y_m \sin(\omega t + kx)$
- $y = y_1 + y_2 = y_m(\sin(\omega t - kx) + \sin(\omega t + kx)) = 2y_m \cos(kx) \sin(\omega t) = Y_m \sin(\omega t)$ OBRAZEKOBRAZEK
- najdeme tady uzly (vždy 0, čili $\cos(kx)=0$ čili v každém lichém násobku $\frac{\pi}{2}$) a kmitny (kmitají nejvíc, čili $\cos(kx)=\max$. čili v každém násobku π)
- odraz vlnění
 - pevný konec: po odrazu se otočí fáze, interferují tedy destruktivně a pevný konec je uzel (logicky)
 - volný konec: neotáčí se fáze, vznikne tedy kmitna
- Př.: stojaté vlnění na struně g

Část IV

Elektrostatika

- elektrický náboj – Q [C – Coulomb] (analogie hmotnosti)

8 Elektrické pole

- intenzita elektrického pole – $E^{\rightarrow} = \frac{F_e^{\rightarrow}}{Q}$ [N/C]
- směr E^{\rightarrow} = směr síly na kladný náboj OBRAZEKOBRAZEK

8.1 Typy elektrického pole

8.1.1 Homogenní pole

- $E^{\rightarrow} = \text{konst.}$ OBRAZEKOBRAZEK

8.1.2 Radiální pole

- $E = \frac{k * \frac{Q_1 Q_2}{r^2}}{Q_2} = k * \frac{Q_1}{r^2}$ OBRAZEKOBRAZEK

8.1.3 Dipólové pole

- dva náboje opačného znaménka – $Q_1 = Q_2$ OBRAZEKOBRAZEK

8.2 Potenciál elektrického pole

- $\phi = \frac{E_p}{Q}$ [J/C]; E_p – potenciální energie
- ekvipotenciální plochy – místa se stejným potenciálem – vždy kolmé na siločary

8.3 Práce, energie

- $W = F * s = F * s * \cos\alpha$

8.3.1 V homogenním poli

- $E = \frac{F}{Q} = \text{konst.}$
- $F = EQ$
- $W = E * Q * s = E * Q * s * \cos\alpha = E * Q * d$; d je vzdálenost kolmá na siločary OBRAZEKOBRAZEK elektricka_prace
- $W = \Delta E_p$
- volba 0 u E_p : na záporné nebo uzemněné desce OBRAZEKOBRAZEK volt_deska
- Potenciál: $\phi = \frac{E_p}{Q} = \frac{W}{Q} = \frac{EQd}{Q} = E * d$
- Rozdíl potenciálů = napětí $U = \Delta\phi$ [J/C]=[V]
- Intenzita: $E = \frac{U}{d}$ [V/m]
- Pozn: elektron urychlený napětím 1 V získá energii: $E = W = U * e = 1 * 1,6 * 10^{-19} J = 1eV$ – elektronvolt

8.3.2 V radiálním poli

- OBRAZEKOBRAZEK z A do B: $W = F * s$, ale F v bodě A je jiná než v B \Rightarrow sílu nahradíme „průměrnou“ (geometrický průměrnou) silou mezi A a B
- $F_A = k * \frac{Q}{r_A^2}; F_B = k * \frac{Q}{r_B^2} \Rightarrow F_{prům} = \sqrt{F_A * F_B} = \frac{kQ}{r_A r_B}$
- $W = F_{prům} * s = k * \frac{Q_1 Q_2}{r_A r_B} * (r_B - r_A) = -kQ_1 Q_2 * \frac{1}{r} = E_p$

Pozn.: $F = k * \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$; $k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$ ϵ – permitivita prostředí – „prostupnost prostředí pro el. pole“ $\epsilon_0 = 8,85 * 10^{-12} C^2 N^{-1} m^{-2}$ $\epsilon > \epsilon_0$ ϵ_r – *relativní permitivita* vzduch – $\epsilon_r = 1,0006$ olivový olej – $\epsilon_r = 3,1$ sklo – $\epsilon_r = 5 - 16$ voda – $\epsilon_r = 82$

8.4 Látky v elektrickém poli

A) vodiče: náboje se mohou pohybovat OBRAZEKOBRAZEK vodič.png

- elektrostatická indukce – rozdělím vodič, zůstává trvale nabitý OBRAZEKOBRAZEK skin effect.png plošná hustota
- $-\sigma = \frac{Q}{S}$; z předch. vzorce: $E = \frac{Q}{S * \epsilon} \Rightarrow \sigma = E * \epsilon$

B) nevodiče: OBRAZEKOBRAZEK nevodič.png

\Rightarrow polarisuje se

- některé molekuly jsou už „z výroby“ polární, např. H_2O

8.5 Kapacita vodiče

- při nabíjení vodiče nábojem Q se zvyšuje jeho napětí U přímo úměrně

$$Q \propto U \quad Q = C * U$$

- C - kapacita vodiče $[C/V] = [F]$ – farad

Př.: Určete kapacitu koule $r = 10 \text{ cm}$ $C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{k * \frac{Q}{r}} = \frac{r}{k} = 4\pi\epsilon r = 4\pi * 8,85 * 10^{-12} * 0,1 = 11 pF$

- koule s kapacitou 1 F by měla $9 * 10^9 \text{ m}$, proto používáme pF, nF, mkF
- samostatný vodič má kapacitu malou \Rightarrow vhodným tvarem ji můžeme zvětšit

\Rightarrow KONDENSÁTOR

8.5.1 Kondensátor

- deskový
- válcový OBRAZEKOBRAZEK kondensator.png

Př.: Deskový kondensátor: $S = 20 \text{ cm}^2$, $d = 5 \text{ cm}$, $C = ?$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{E * d} = \frac{Q * d}{\frac{Q * d}{S * \epsilon}} = \epsilon_{pr. mezideskami} * \frac{S}{d}$$

- Spojování kondensátorů

a) paralelně:

- * shodné napětí $U = U_1 = U_2$
- * náboj se rozdělí $Q = Q_1 + Q_2$; $\frac{Q}{U} = \frac{Q_1}{U_1} + \frac{Q_2}{U_2}$; $C = C_1 + C_2$

b) seriově:

* shodný náboj $Q = Q_1 + Q_2$

* napětí se rozdělí $U = U_1 + U_2$; $\frac{U}{Q} = \frac{U_1}{Q_1} + \frac{U_2}{Q_2}$; $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

• $E = W \neq Q \cdot U$ – platí jen je-li $U = \text{konst.}$

• v kondensátoru je napětí přímo úměrné náboji, tedy v grafu „trojúhelník“, tedy $E = W = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2}$

Část V

Elektrodynamika

9 Elektrický proud

• usměrněný pohyb nosičů náboje (elektrony, ionty)

• $I = \frac{Q}{t}$; $[C/s] = [A]$

Př.: Rychlost elektronu ve vodiči způsobená tepelným pohybem je asi milion m/s (neuspoř. pohyb). Určete unášivou rychlost elektronu (driftová rychlost) při průtoku proudu 1 A měděným vodičem s průřezem 1 mm^2 . $(Cu) = 8300 kg/m^3$, $A_r(Cu) = 63,5$ a 1 elektronu z každého atomu mědi vede el. proud.

Za 1 s projde průřezem 1C (protože vedeme 1 A), což je $\frac{1}{e} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6 \cdot 10^{18}$ ks elektronů

Hmotnost $6 \cdot 10^{18}$ atomů mědi:

1 atom: $A_r \cdot u = 63,5 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 10^{-25}$ kg

$6 \cdot 10^{18}$ atomů: $6 \cdot 10^{-7}$ kg ... objem: $V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow h = \frac{m}{\rho \cdot S} = 7 \cdot 10^{-5} m$

$\Rightarrow v = 10^{-4}$ m/s

Pozn.: I je skalár, ale má def. směr (a ten je proti směru toku elektronů, tedy z kladného na záporný)

Pozn.: Proud měříme ampérmetrem, který se zapojuje sériově

Část VI

Elektrodynamika?

• $R_i = 10^{-1} - 10^1 \Omega$ (baterie) – měkké zdroje

• $R_i = 10^{-3} \Omega$ (olověný akumulátor) – tvrdé zdroje

achjo mi toho tak moc chybí

• katodové záření – proud elektronů ve vakuu OBRAZEKOBRAZEK katodove_zareni.png, když tento obvod zapojíme v opačném směru elektrony se nám nahromadí a nebudou proudit – máme elektronku (diodu), využití katodového záření jako CRT monitorů, elektronek, jako jeden z typů elektronového mikroskopu, jako způsob výroby rentgenového záření

Část VII

Magnetismus

Magnetická indukce: $B = \frac{F_n}{Il}$ [T] – Tesla

Magnetická síla: $\vec{F}_n = I \cdot (\vec{l} \times \vec{B})$

$\Rightarrow F_n$ kolmé na l ; F_n kolmé na B ; B , l svírají lib. úhel

$\Rightarrow \vec{l} \parallel \vec{B} \Rightarrow \vec{F}_n = 0$ jinak $F_n = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$

OBRAZEKOBRAZEK indukce_1.png

směr F_n : Flemingovo pravidlo LEVÉ ruky: prsty – směr proudu; do dlaně – vstupující siločáry; palec – směr F_n

Náboj v mag. poli: $\vec{F}_n = I \cdot (\vec{l} \times \vec{B}) = \frac{Q}{t} \cdot (\vec{l} \times \vec{B}) = Q(\frac{\vec{l}}{t} \times B)$
 $\vec{F}_n = Q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$

Př.: částice vletne rychlostí v do mag. pole

a) ve směru siločar – $F_n = 0$ (\vec{v} a \vec{B} rovnob.)

b) kolmo na siločáry – udělá půlkružek a poletí ven OBRAZEKOBRAZEK urychlovac_castic.png

využití

- vychylování el. svazku v CRT
- kruhové urychlovače částic (cyklotrony) OBRAZEKOBRAZEK cyklotron.png

Př.: 2 rovnoběžné vodiče se stejným směrem proudu – budou se přitahovat

velikost síly prvního na druhý: $F_{12} = B_1 \cdot I_2 \cdot l = \frac{\mu I_1}{2\pi d} \cdot I_2 \cdot l$

velikost síly druhého na první: $F_{21} = \frac{\mu I_2}{2\pi d} \cdot I_1 \cdot l \Rightarrow F_{12} = F_{21} = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2 l}{d}$

Př.: Smyčka s proudem v magnetickém poli OBRAZEKOBRAZEK civecka_1.png, civecka_2.png magnetické pole cívky se natočí tak, aby bylo souhlasné s polem magnetu – když ale potom cíku přeopoluju bude se točit dál – mám motor!

10 Látky v magnetickém poli

- každá látka složená z atomů, které v sobě mají pohybující se elektrony, o kterých můžeme uvažovat jako o hýbajících se nosičích náboje – každá látka tak bude mít nějakou reakci na magnetické pole (většina ale velmi slabou), podle reakcí se látky dělí do skupin:
 - diamagnetické – nátačí své pole opačně, tedy mag. pole trochu zeslabuje (tj. snižují permeabilitu – reativní permeabilita jako kladný násobek permeability vakua), těmito látkami je asi polovina látek v periodické tabulce (např. zlato, rtuť)
 - paramagnetické – nátačí své pole shodně, tedy mag. pole lehce zesilují (tj. zvyšují permeabilitu), druhá polovina periodické tabulky (např. chrom)
 - feromagnetické – reativní permeabilita v řádech 10^5 – drasticky zesilují magnetické pole, těmito jsou železo, kobalt a nikl, zesilují pole tak moc, protože se v nich nenatáčejí do vnějšího magnetického pole jednotlivé atomy, ale tzv. domény – skupiny atomů se shodně natočeným magnetickým polem
- využití paramagnetických látek – podle hysterezní křivky materiály dělíme na mag. tvrdé a mag. měkké látky OBRAZEKOBRAZEK hysterezni_krivka.png
 - magneticky tvrdé látky – permanentní magnety, HDD – zápis pomocí magnetace disku