

DUM č. 11 v sadě

10. Fy-1 Učební materiály do fyziky pro 2. ročník gymnázia

Autor: Vojtěch Beneš

Datum: 03.05.2014

Ročník: 1. ročník

Anotace DUMu: Pevné látky

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. ročník **Struktura a vlastnosti pevných látek – písemná práce**

Zkoušené učivo

- rozdělení pevných látek
- krystalové struktury
- deformace pevných látek
- normálové napětí a Hookův zákon
- křivka deformace
- vazby v krystalech
- teplotní roztažnost pevných látek

Metodické poznámky

- čas na vypracování = 1 vyučovací hodina (reálně max. 40 minut)
- obtížnost skupin srovnatelná
- zadání obsahuje jak teoretické otázky, tak příklady
- obtížnost písemky je záměrně nižší než u příkladů k procvičení – při řešení příkladů doma má žák k dispozici poznámky, učebnici, internetové zdroje a hlavně dostatek času
- Avogadrova konstanta záměrně není zadána – žáci se s ní seznamují v 1. ročníku v chemii a znovu ve fyzice při opakování pojmu látkové množství – její hodnotu by měli znát všichni

2. ročník

Struktura a vlastnosti pevných látek

A

- 1) Na zahřátí:
 - a) Popište strukturu polykrystalických látek. Uvedte čtyři příklady těchto látek.
 - b) Vysvětlete, co je to elementární buňka krystalové struktury. Nakreslete elementární buňku soustavy hexagonální.
 - c) Vysvětlete, co je to dilatační spára.
 - d) Vysvětlete, čím se liší kovalentní a kovová vazba.
- 2) Jakou tloušťku (průměr) musí mít lano jeřábu, aby při rovnoměrném zvedání rychlostí 1,2 m/s nákladu o hmotnosti 3,5 t nepřekročilo normálové napětí v libovolném příčném řezu hodnotu 50 MPa?
- 3) Germanium krystalizuje v diamantové struktuře s elementární buňkou o mřížkovém parametru $a = 0,566$ nm. Jeho relativní atomová hmotnost je 72,59. Vypočítejte hustotu krystalu germania.
- 4) Jak velkou silou musíme napínat ocelovou tyč o průřezu $0,8$ cm², aby se prodloužila stejně jako při zahřátí o 80 °C? Koeficient teplotní délkové roztažnosti oceli je $1,2 \cdot 10^{-5}$ K⁻¹ a modul pružnosti v tahu je 210 GPa.
- 5) Vypočítejte, o kolik procent své původní délky se mohou protáhnout měděné dráty (Youngův modul pružnosti je 130 GPa) v mezích pružné deformace. Pro použitou měď je mez úměrnosti 280 MPa.

2. ročník

Struktura a vlastnosti pevných látek

B

- 1) Na zahřátí:
 - a) Popište vlastnosti amorfních látek. Uvedte čtyři příklady těchto látek.
 - b) Vysvětlete, co je to elementární buňka krystalové struktury. Nakreslete elementární buňku soustavy kubické prostorově centrované.
 - c) Vysvětlete Hookův zákon.
 - d) Vysvětlete, čím se liší kovová a iontová vazba.
- 2) Křemík krystalizuje v diamantové struktuře s elementární buňkou o mřížkovém parametru $a = 0,543$ nm. Jeho relativní atomová hmotnost je 28,1. Vypočítejte hustotu krystalu křemíku.
- 3) Jaký poloměr musí mít závěsné lano jeřábu, aby při rovnoměrném zvedání nákladu o hmotnosti 2,5 t nepřekročilo normálové napětí v libovolném příčném řezu hodnotu 60 MPa?
- 4) Vypočítejte, o kolik procent své původní délky se mohou protáhnout dráty z molybdenové oceli (modul pružnosti v tahu je 220 GPa) v mezích pružné deformace. Pro tuto ocel je mez úměrnosti 600 MPa.
- 5) Jak velkou silou musíme napínat hliníkovou tyč o průřezu $0,5$ cm², aby se prodloužila stejně jako při zahřátí o 20 °C? Koeficient teplotní délkové roztažnosti hliníku je $2,4 \cdot 10^{-5}$ K⁻¹ a modul pružnosti v tahu je 67 GPa.

Řešení skupiny A

1) Na zahřátí:

- Polykrystalické látky jsou tvořeny velkým množstvím náhodně orientovaných monokrystalických zrn. Díky náhodné orientaci je polykrystal izotropní. Kovy: železo, měď, hliník, zlato.
- Elementární buňka je nejmenší část krystalové mřížky, která se pravidelně opakuje a má plnou symetrii celého krystalu.
- Dilatační spára je záměrně vytvořená mezera ve stavebních konstrukcích umožňující jejich tepelné rozpínání a smršťování, aniž by docházelo k nechtěným tlakům nebo napětím (deformacím, prasklinám).
- Kovalentní vazba vzniká překryvem orbitalů. Kovová vazba se vyznačuje vznikem elektronového plynu při utváření krystalové mřížky.

2) Maximální síla $F_{\max} = m \cdot g = 3,43 \cdot 10^4 \text{ N}$. Z definice normálového napětí vypočítáme průřez lana:

$$S = \frac{F_{\max}}{\sigma_n} = 6,87 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2. \text{ Odsud dopočítáme poloměr a průměr: } r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1,48 \text{ cm}, d = 2,96 \text{ cm}.$$

3) Diamantová mřížka má strukturu kubickou plošně centrovanou s dvojatomovou bází, tudíž v jedné elementární buňce je $2 \cdot 4 = 8$ atomů. Hmotnost 1 atomu germania je $m_1 = \frac{M}{N_A} = 1,205 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$. Objem elementární buňky kubické struktury je $V_1 = a^3 = 1,81 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$. Hustota $\rho = \frac{8m_1}{V_1} = 5\,330 \text{ kg/m}^3$.

4) Dosazením do Hookova zákona $\sigma_n = E \cdot \varepsilon$ za normálové napětí a relativní deformaci dostaneme $\frac{F}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l_0}$. Ze vztahu pro teplotní délkovou roztažnost $l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$ odvodíme, že $\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \cdot \Delta t$, takže $F = S \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta t = 16,1 \text{ kN}$.

5) Z Hookova zákona máme $\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = 2,15 \cdot 10^{-3} = 0,215 \%$.

Bodování:

- a) 3 body, b) 2 body, c) 1 bod, d) 2 body
- 3 body
- 4 body
- 3 body
- 2 body

Celkem 20 bodů

Řešení skupiny B

- 1) Na zahřátí:
 - a) Atomy tvořící amorfni látku nejsou uspořádané do krystalové mřížky, pravidelnost je patrná jen na krátké vzdálenosti – řádově nanometry. Amorfní látky jsou izotropní – mají ve všech směrech stejné vlastnosti. Příklady: PVC, novodur, bakelit, vosk.
 - b) Elementární buňka je nejmenší část krystalové mřížky, která se pravidelně opakuje a má plnou symetrii celého krystalu.
 - c) Hookův zákon vyjadřuje (lineární) vztah mezi normálovým napětím $\sigma_n = \frac{F}{S}$ a relativním prodloužením $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$, čili $\sigma_n = E \cdot \varepsilon$, kde E je Youngův modul pružnosti.
 - d) Kovová vazba se vyznačuje vznikem elektronového plynu při utváření krystalové mřížky. Iontová vazba je polární – vazebné elektrony se nacházejí pravděpodobněji u atomu s vyšší elektronegativitou.
- 2) Diamantová mřížka má strukturu kubickou plošně centrovanou s dvojatomovou bází, tudíž v jedné elementární buňce je $2 \cdot 4 = 8$ atomů. Hmotnost jednoho atomu křemíku je $m_1 = \frac{M}{N_A} = 4,67 \cdot 10^{-26}$ kg. Objem elementární buňky kubické struktury je $V_1 = a^3 = 1,601 \cdot 10^{-28}$ m³. Hustota $\rho = \frac{8m_1}{V_1} = 2\,330$ kg/m³.
- 3) Maximální síla $F_{\max} = m \cdot g = 2,45 \cdot 10^4$ N. Z definice normálového napětí vypočítáme průřez lana:
 $S = \frac{F_{\max}}{\sigma_n} = 4,09 \cdot 10^{-4}$ m². Odsud dopočítáme poloměr a průměr: $r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1,14$ cm, $d = 2,28$ cm.
- 4) Z Hookova zákona máme $\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = 2,73 \cdot 10^{-3} = 0,27$ %.
- 5) Dosazením do Hookova zákona $\sigma_n = E \cdot \varepsilon$ za normálové napětí a relativní deformaci dostaneme $\frac{F}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l_0}$. Ze vztahu pro teplotní délkovou roztažnost $l = l_0 \cdot (1 - \alpha \cdot \Delta t)$ odvodíme, že $\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \cdot \Delta t$, takže $F = S \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta t = 1,61$ kN.

Bodování:

- 1) a) 2,5 bodů, b) 2 body, c) 1,5 bodů, d) 2 body
- 2) 4 body
- 3) 3 body
- 4) 2 body
- 5) 3 body

Celkem 20 bodů