



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Digitální učební materiál

Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0802
Název projektu	Zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Číslo a název šablony klíčové aktivity	III/2 – Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Příjemce podpory	Gymnázium, Jevíčko, A. K. Vitáka 452

Název DUMu	Struktura a vlastnosti pevných látek
Název dokumentu	VY_32_INOVACE_16_17
Pořadí DUMu v sadě	17
Vedoucí skupiny/sady	Mgr. Petr Mikulášek
Datum vytvoření	3. 2. 2013
Jméno autora	Mgr. Alena Luňáčková
e-mailový kontakt na autora	lunackova@gymjev.cz
Ročník studia	2.
Předmět nebo tematická oblast	Fyzika
Výstižný popis způsobu využití materiálu ve výuce	Materiál pro přípravu na profilovou část maturitní zkoušky z fyziky Inovace: mezipředmětové vztahy s matematikou, využití ICT, mediální techniky.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

STRUKTURA A VLASTNOSTI PEVNÝCH LÁTEK

Krystalické a amorfní látky, ideální krystalová mřížka, poruchy krystalové mřížky, typy krystalů podle vazeb mezi částicemi, deformace pevného tělesa, síla pružnosti, normálové napětí, Hookův zákon pro pružnou deformaci tahem, teplotní roztažnost pevných těles, teplotní roztažnost pevných těles v praxi.

Pevné látky – kovy, dřeva, skla, plasty,...

Mechanické a tepelné vlastnosti - pevnost, pružnost, křehkost, teplotní roztažnost. Pevné látky dělíme na **krystalické** a **amorfní**.

Krystalické látky – mají pravidelné uspořádání částic (atomů, molekul, iontů). Vyskytují se jako **monokrystaly** – částice jsou uspořádány pravidelně tak, že se jejich rozložení opakuje v celém krystalu = **dalekodohové uspořádání**. Většina krystalických látek se vyskytuje jako **polykrystaly** – složeny ze **zrn** = drobných krystalků.

Amorfní látky – beztvare – mají **krátkodohové uspořádání** částic. Zvláštní skupinu tvoří **polymery**.

Ideální krystal je těleso, ve kterém jsou částice dokonale pravidelně rozloženy. Takto uspořádané částice vytvářejí ideální krystalovou mřížku. Základem je **elementární buňka**. U krychlové (kubické) soustavy má tvar krychle, délka její hrany je mřížkový parametr (mřížková konstanta).

Základní typy elementární buňky – **prostá, plošně nebo prostorově centrovaná**.

Dokonalá periodičnost není splněna v **reálných krystalech**. Každý reálný krystal má ve své struktuře poruchy (defekty, vady). Největší význam mají poruchy **bodové** a **čárové**.

Bodové poruchy: a) **vakance** - chybějící částice v ideální mřížce,

b) **intersticiální poloha částice (mezimřížková)** - částice se nachází mimo pravidelný bod mřížky,

c) **příměsi (nečistoty)** – cizí atomy v krystalu daného chemického složení.

Tento atom se nachází v intersticiální poloze nebo nahrazuje vlastní atom mřížky (substituční atom).

Čárové poruchy (dislokace) – spočívají v porušení pravidelného uspořádání částic podél určité čáry (dislokační čára). Rozlišujeme **hranovou** či **šroubovou dislokaci**.

Poruchy mají vliv na mechanické, optické, elektrické a další vlastnosti pevných látek.

Změna tvaru tuhého tělesa způsobená účinkem vnějších sil = **deformace** (statický účinek síly).

Jestliže těleso nabude původního tvaru, jakmile přestanou působit vnější síly = **deformace pružná** (elastická, dočasná).



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Deformace tvárná (trvalá, plastická) – těleso změní původní tvar.

Poznámka: V praxi se zpravidla vyskytují obě dvě deformace současně.

Podle směru a orientace sil rozeznáváme tyto deformace: **tahem, tlakem, smykem, ohybem a kroucením.**

Deformace tahem – pro pružnou deformaci platí **Hookův zákon: Pro pružnou deformaci tahem je normálové napětí přímo úměrné relativnímu prodloužení.**

$$\Delta l = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S} \cdot l_0 \Rightarrow \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S} \Rightarrow \varepsilon = \frac{1}{E} \cdot \sigma_n \Rightarrow \sigma_n = E \cdot \varepsilon$$

l_0 ...původní délka tělesa (drátu)

l ...nová délka tělesa při působení síly F

$\Delta l = l - l_0$...absolutní prodloužení tělesa, F [N]...působící síla, S [m²]... průřez drátu,

E [Pa]... modul pružnosti v tahu, $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$...relativní (poměrné) prodloužení,

$\sigma_n = \frac{F}{S}$ [Pa]...normálové napětí

Poznámka: Tento poznatek objevil v roce 1676 anglický fyzik R. Hooke \Rightarrow **Hookův zákon**

Deformace tlakem $\Rightarrow \Delta l = l - l_0 < 0$...**zkrácení** ... platí Hookův zákon.

Deformační křivka - pro každý materiál jiná a je to závislost σ na ε .

Největší hodnota normálového napětí, při kterém je deformace tahem (tlakem) ještě pružná = **mez pružnosti.**

Teplotní roztažnost pevných těles = fyzikální jev spočívající ve změně rozměrů tělesa při změně jejich teploty.

- **délková teplotní roztažnost**

Prodloužení je přímo úměrné počáteční délce l_0 a přírůstku teploty $\Delta t \Rightarrow \Delta l = \alpha l_0 \Delta t$, kde α [K⁻¹] ...součinitel délkové teplotní roztažnosti.

Pro délku l za teploty t platí: $l_t = l_0 \cdot [1 + \alpha(t - t_0)]$

- **objemová teplotní roztažnost**

$V_t = V_0 [1 + \beta(t - t_0)]$ nebo $\Delta V = \beta V_0 \Delta t$, kde β je teplotní součinitel objemové roztažnosti.

Mění-li se všechny rozměry tělesa s teplotou stejně = **těleso teplotně izotropní.**

Pro izotropní látky $\beta = 3\alpha$.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- **závislost hustoty na teplotě**

S rostoucí teplotou hustota **klesá** $\Rightarrow \rho_t = \rho_0 \cdot (1 - \beta \Delta t)$.

Roztažnost v praxi:

- mostní kovové konstrukce,
- napínání kovových lan,
- stejná teplotní roztažnost při spojení dvou nebo více látek v tělese,
- bimetalové proužky (pásky),
- délková měřidla, odměrné válce.

Příklady:

1. V tabulkách je uvedeno, že olovo má při teplotě 20°C hustotu 11340 kgm^{-3} . Vypočtěte, jakou má olovo hustotu při teplotě -30°C . Úlohu řešte nejdříve obecně.

Řešení

$$\rho_0 = 11340 \text{ kgm}^{-3}, t_0 = 20^\circ\text{C}, t = -30^\circ\text{C}, \Delta t = -50^\circ\text{C}, \alpha = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Hustota látky, z níž je těleso, se mění při změně teploty, protože se mění jeho objem. Hmotnost tělesa je konstantní.

$$\rho_t = \frac{m}{V_t} = \frac{\rho_0 \cdot V_0}{V_0(1 + \beta \Delta t)} = \frac{\rho_0}{1 + \beta \Delta t} = \frac{\rho_0}{1 + \beta \Delta t} \cdot \frac{1 - \beta \Delta t}{1 - \beta \Delta t} = \rho_0 \cdot \frac{1 - \beta \Delta t}{1 - \beta^2 (\Delta t)^2}$$

Zanedbáme-li $\beta^2 (\Delta t)^2$, pak $\rho_t = \rho_0 \cdot (1 - \beta \Delta t)$.

S rostoucí teplotou hustota pevných látek přibližně lineárně **klesá**.

Po dosazení do vztahu $\rho_t = \rho_0 \cdot (1 - \beta \Delta t) = 11340 \cdot [1 - 3 \cdot 2,9 \cdot 10^{-5} \cdot (-50)] = 11389 \text{ kgm}^{-3}$.

Hustota olova při teplotě -30°C je asi 11389 kgm^{-3} (je větší než při teplotě 20°C).

2. Mezi dvěma kolejnicemi ($l_0 = 25 \text{ m}, \alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$) je při teplotě 0°C mezera šířky $6,6 \text{ mm}$. Při které teplotě mezera mezi kolejnicemi zanikne a přitom kolejnice na sebe nepůsobí ještě tlakem?

$$\left(\Delta l = \alpha l_0 \Delta t \Rightarrow \Delta t = t = \frac{\Delta l}{\alpha l_0} = 22^\circ\text{C} \right)$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

3. Délka zinkové tyče při teplotě 0°C je 20cm, délka měděné tyče při téže teplotě je 20,1cm. Při jaké teplotě budou mít obě tyče stejnou délku? Součinitel teplotní délkové roztažnosti zinku je $2,9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, mědi $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

$$\left(\Delta t = t = \frac{l_{\text{Cu}} - l_{\text{Zn}}}{l_{\text{Zn}} \alpha_{\text{Zn}} - l_{\text{Cu}} \alpha_{\text{Cu}}} = 419,6^{\circ}\text{C} \right)$$

4. Jak se změní absolutní a relativní prodloužení ocelového drátu, zvětší-li se tahová síla 3krát, délka 2krát a obsah průřezu 2krát?

$$\left(\Delta l' = \frac{1}{E} \cdot \frac{3F}{2S} \cdot 2l_0 = 3\Delta l \Rightarrow 3\text{krát}, \varepsilon' = \frac{1}{E} \cdot \frac{3F}{2S} = 1,5\varepsilon \Rightarrow 1,5\text{krát} \right)$$

5. Ocelová struna kytary délky 65cm a obsahu $0,325\text{mm}^2$ se při napínání prodloužila o 3mm. Jak velkou silou je napnutá, je-li modul pružnosti v tahu oceli 220GPa?

$$\left(\Delta l = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S} \cdot l_0 \Rightarrow F = \frac{\Delta l \cdot E \cdot S}{l_0} = 330\text{N} \right)$$

6. Modul pružnosti v tahu mosazi je 10^{11}Pa , součinitel teplotní délkové roztažnosti je $1,9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Jakým normálovým napětím bychom museli působit na mosaznou tyč, aby se prodloužila o stejnou délku, jako při zahřátí z 0°C na 70°C ?

$$\left(\frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S} \cdot l_0 = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta t \Rightarrow \sigma_n = \frac{F}{S} = E \cdot \alpha \cdot \Delta t = 1,33 \cdot 10^8 \text{ Pa} \right)$$

7. Drát délky 3m o obsahu průřezu 4mm^2 je napínán silou o velikosti 400N, přičemž se prodlouží o 1,5mm. Deformace je pružná. Určete a) normálové napětí drátu, b) relativní prodloužení drátu (výsledek vyjádřete v procentech), c) modul pružnosti v tahu materiálu, z něhož je drát zhotoven.

$$\left(\sigma_n = \frac{F}{S} = 10^8 \text{ Pa}, \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% = 0,05\%, E = \frac{F \cdot l_0}{\Delta l \cdot S} = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa} \right)$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

8. O kolik procent se zvětší objem mramorového kvádru při zahřátí z teploty 18°C na teplotu 77°C ? Součinitel teplotní délkové roztažnosti mramoru je $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

$$(\Delta V = V_0 \cdot 3\alpha \cdot \Delta t \cdot 100\% = 0,15\% \cdot V_0)$$

9. Jak velkou silou musíme působit na ocelovou tyč o obsahu průřezu 2cm^2 , aby se prodloužila o stejnou délku, o jakou se prodlouží při zahřátí o 3°C ? Modul pružnosti v tahu oceli je 220GPa , součinitel teplotní délkové roztažnosti je $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

$$\left(\frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S} \cdot l_0 = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta t \Rightarrow F = \alpha \cdot E \cdot S \cdot \Delta t = 1,6\text{kN} \right)$$

10. Měděná tyč má při teplotě 20°C délku $2,0\text{m}$, objem $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ a hustotu 8930kgm^{-3} .

Součinitel teplotní délkové roztažnosti mědi je $17 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Tyč zahřejeme na teplotu 70°C . Určete a) o jakou délku se tyč prodlouží, b) o kolik se zvětší objem tyče, c) jakou hustotu má tyč při teplotě 70°C .

$$(\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta t = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \Delta V = 3\alpha \cdot V_0 \cdot \Delta t = 1,275 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3, \rho_t = \rho_0 \cdot (1 - \beta\Delta t) = 8907\text{kgm}^{-3})$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Seznam použité literatury a pramenů:

- Bartuška, K.-Svoboda, E.: Molekulová fyzika a termika. Galaxie, Praha 1993. 255s. ISBN 80-85204-22-3.
- Lepil, O.- Bednařík, M.- Šíroká, M.: Fyzika. Sbíрка úloh pro střední školy. Prometheus, Olomouc 1995. 269s. ISBN 80-7196-048-9.
- Kružík, M.: Sbíрка úloh z fyziky. Státní pedagogické nakladatelství, n. p., Praha 1984. 335s. ISBN 14-117-84.

Materiál je určen pro bezplatné užívání pro potřebu výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.

Dílo smí být šířeno pod licencí CC BY – SA.