



9 Štruktúra a vlastnosti látok jednotlivých skupenstiev

- **Ciele:**
- Charakterizovať vlastnosti látok jednotlivých skupenstiev.
- Definovať a charakterizovať ideálny plyn. Formulovať stavovú rovnicu ideálneho a reálneho plynu a charakterizovať izoprocey s ideálnym plynom.
- Definovať deformáciu, opísať jej jednotlivé spôsoby a krivku deformácie.
- Charakterizovať povrchovú vrstvu kvapalín a kapilaritu.
- Charakterizovať povrchové napätie a povrchovú energiu.
- Charakterizovať rozťažnosť látok.

Štruktúra a vlastnosti látok jednotlivých skupenstiev

Plyny $E_{kč} \gg E_{pč}$

Kvapaliny $E_{kč} \approx E_{pč}$

Pevné látky $E_{kč} \ll E_{pč}$

Plyny

- Nemajú stály tvar ani objem, sú stlačiteľné a rozpínavé
- Stredné vzdialenosti medzi časticami sú oveľa väčšie ako ich veľkosti a asi 10 – krát väčšie ako v pevných kryštalických látkach
- Absolútna hodnota potenciálnej energie častíc je rádovo oveľa menšia ako ich kinetická energia
- Pri ideálnom plyne je potenciálna energia častíc nulová.
- Plazma – ionizovaný plyn (Plameň, blesk, polárna žiara, Slnko)



Obr. 9.1 Polárna žiara (pixbay, 2016) a blesk (pixbay, 2018).

Stupne voľnosti

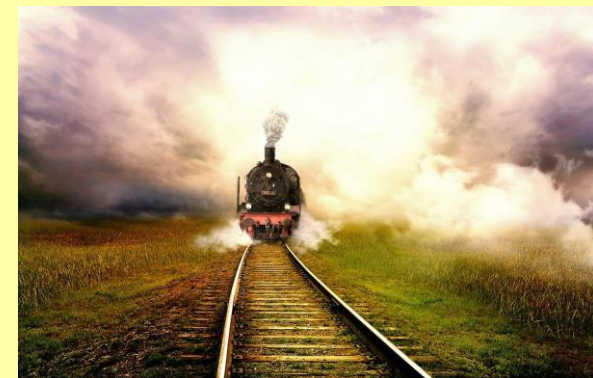
1. Kinetická energia (čistej) translácie $m_0 \cdot v^2/2$,
 2. Kinetická energia rotácie $J \cdot \omega^2/2$
 3. Kinetická energia vibrácie
- Časť energie závisí od počtu stupňov voľnosti, ktoré má molekula v súvislosti s druhom pohybu, akým sa vyznačuje.



tri stupne voľnosti



dva stupne voľnosti



jeden stupeň voľnosti

Obr. 9.2 Stupne voľnosti (pixbay, 2019, 2016a, 2017).

1. Charakterizujte ideálny plyn.
2. Definujte strednú kvadratickú rýchlosť? Prečo sa nepoužíva priemerná rýchlosť?
3. Čo je obsahom ekvipartičného teorému?
4. Aká kinetická energia častíc pripadá na tri stupne voľnosti?
5. Odvod'te vzťah na výpočet strednej kvadratickej rýchlosti.
6. Porovnajte rýchlosť molekúl kyslíka a vodíka pri rovnakej teplote. Zdôvodnite.

Štruktúra a vlastnosti plynov

- **Ideálny plyn:**
- Model reálneho plynu
- 1. Rozmery molekúl ideálneho plynu sú zanedbateľne malé v porovnaní so strednou vzájomnou vzdialenosťou molekúl**
- 2. Molekuly ideálneho plynu na seba navzájom nepôsobia prít'azlivými silami**
- 3. Vzájomné zrážky molekúl ideálneho plynu a zrážky molekúl ideálneho plynu so stenami nádoby sú dokonale pružné**
- Čas trvania zrážky molekúl je krátky v porovnaní so strednou dobou voľného pohybu molekuly ideálneho plynu. V každom okamihu sa väčšina molekúl pohybuje rovnomerne priamočiara
- **Stredná kvadratická rýchlosť** (v_k)
- rýchlosť, ktorou keby sa pohybovali všetky častice, tak by sa celková kinetická energia plynu nezmenila.

- Termodynamická rovnováha:
- **Boltzmannov zákon rovnakého rozdelenia (ekvipartičný teorém):**
- **Na každý stupeň voľnosti molekuly pripadá v časovom aj priestorovom priemere rovnaká energia E_k .**
- Pri molekulách s 3 stupňami voľnosti translácie, pripadá na každý stupeň voľnosti $k.T/2$ energie, takže platí **Boltzmannova rovnica**, ktorá nie je prírodný zákon, lebo nebola experimentálne dokázaná:

$$E_k = \frac{3}{2} k.T$$

$$\frac{1}{2} m_0 \cdot v_k^2 = \frac{3}{2} k.T, \quad \text{resp. } m_0 \cdot v_k^2 = 3.k.T$$

Stredná kvadratická rýchlosť

- T je teplota
- k je **Boltzmannova konštanta**
- $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$

$$v_k = \sqrt{\frac{3.k T}{m_0}}$$

- Keďže kinetická energia môže nadobudnúť len kladné hodnoty, teplota nemôže byť menšia ako 0 K (absolútna nula).

1. Napíšte a odvod'te všetky tvary stavovej rovnice ideálneho plynu.
2. Pri akých teplotách a tlakoch sa blíži ideálny plyn reálnemu? Prečo?
3. Napíšte a opíšte Van der Waalsovú stavovú rovnicu.

Stavová rovnica ideálneho plynu

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$p.V = N.k.T \quad \dots(1)$$

$$N = n.N_A$$

$$p.V = n.N_A.k.T$$

$$R = N_A.k$$

$$p.V = n.R.T \quad \dots(2)$$

molárna plynová konštanta

$$R = 6,02252.10^{23} \text{ mol}^{-1} . 1,38.10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$$

$$R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{M_m}$$

$$p.V = \frac{m}{M} . R . T \quad \dots (3)$$

V izolovanej sústave, kde sa nemení počet častíc:

$$p \cdot V = N \cdot k \cdot T$$

$$p \cdot V = konst \cdot T$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = konst$$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

konštanta

Tento tvar sa používa, ak poznáme stavové veličiny plynu v rôznych stavoch

Stavová rovnica pre 1 mol plynu:

$$V_m = V/n$$

$$p \cdot V_m = R \cdot T$$

Reálne plyny

- Reálne plyny v prírode nespĺňajú celkom podmienky ideálneho plynu
- Výrazné odchýlky nastávajú pri vysokom tlaku a nízkej teplote.
- **Van der Waalsova** rovnice pre 1 mol reálneho plynu:

$$\left(p + \frac{a^2}{V_m} \right) \cdot (V_m - b) = R \cdot T$$

- a a b sú empirické konštanty závislé na druhu plynu a molárnom objeme
- a je korekcia na silové pôsobenie medzi molekulami (kohézny tlak)
- b je korekcia na vlastný objem molekúl

Izoprocesy s ideálnym plynom

- Procesy, pri ktorých sa jedna z troch stavových veličín nemení (predpokladáme stálu hmotnosť plynu)
- Vychádzame zo:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Stavovej rovnice
ideálneho plynu

$$Q = \Delta U + W'$$

1. Termodynamického zákona

Q je teplo prijaté sústavou

W' je práca, ktorú sústava vykonala

$$\Delta T = 0 \quad \rightarrow \quad \Delta U = 0$$

$$\Delta V = 0 \quad \rightarrow \quad W' = 0$$

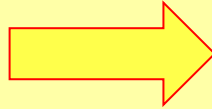
$$\Delta p = 0$$

1. Charakterizujte izotermický, izochorický, izobarický a adiabatický dej pomocou stavovej rovnice, 1. termodynamického zákona i graficky p - V , p - T , V - T diagramom

Izotermický dej

- Prebieha pri konštantnej teplote $T_1 = T_2$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$



$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

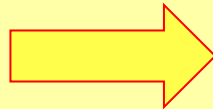
- Boyle – Mariottov zákon: **Súčin tlaku a objemu plynu pri nemennej teplote je konštantný.**

- Prvý termodynamický zákon:

$$\Delta T = 0$$

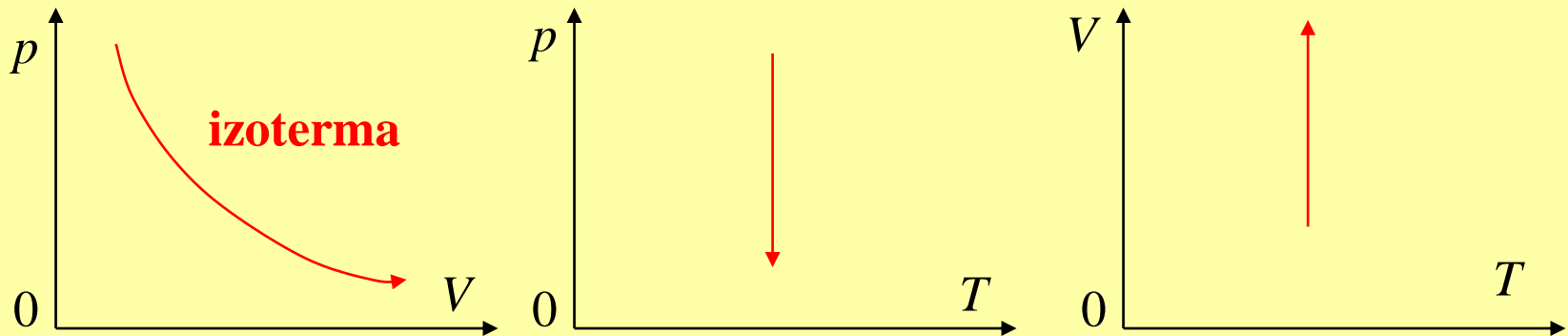


$$\Delta U = 0$$



$$Q = \Delta U + W'$$

$$Q = W'$$



Obr. 9.3 p - V , p - T a V - T diagramy ideálneho plynu pre izotermický dej.

Izochorický dej

- Prebieha pri konštantnom objeme $V_1 = V_2$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad \longrightarrow \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

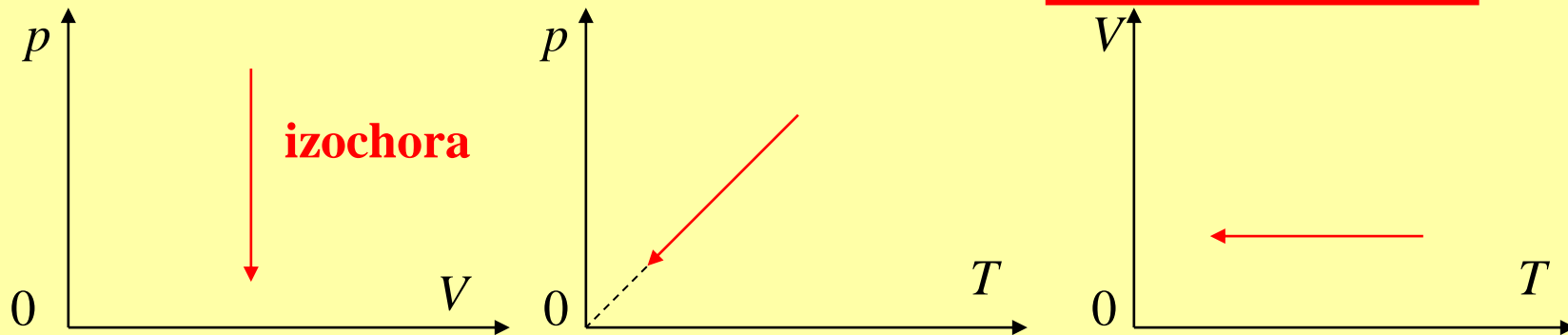
- Charlesov zákon: **Podiel tlaku a termodynamickkej teploty plynu pri nemennom objeme je konštantný.**

- Prvý termodynamický zákon:

$$\Delta V = 0 \quad \longrightarrow \quad \Delta W = 0 \quad \longrightarrow \quad Q = \Delta U + W'$$

$$Q = \Delta U$$

$$Q = m \cdot c_V \cdot \Delta T$$



Obr. 9.4 p - V , p - T a V - T diagramy ideálneho plynu pre izochorický dej.

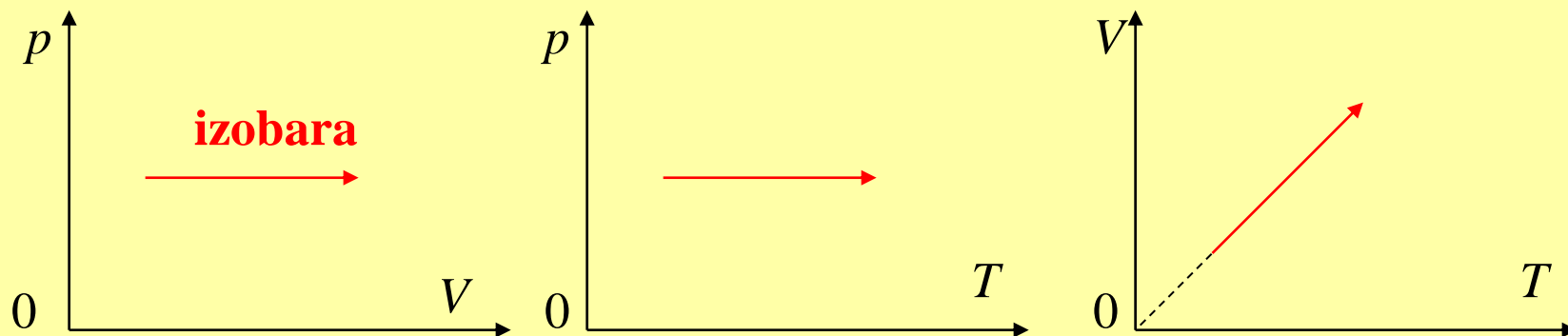
Izobarický dej

- Prebieha pri konštantnom tlaku $p_1 = p_2$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad \longrightarrow \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- Gay – Lussacov zákon: **Podiel objemu a termodynamickéj teploty plynu pri nemennom tlaku je konštantný.**
- Prvý termodynamický zákon:

$$\Delta p = 0 \quad \longrightarrow \quad Q = \Delta U + W' \quad \longrightarrow \quad Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$



Obr. 9.5 p - V , p - T a V - T diagramy ideálneho plynu pre izobarický dej.

Porovnajete množstvo tepla potrebné na ohriatie ideálneho plynu s hmotnosťou m o konštantný teplotný rozdiel ΔT pri izochorickom a izobarickom deji

Izochorický dej:

$$Q = \Delta U$$

$$Q = m \cdot c_V \cdot \Delta T$$

Izobarický dej:

$$Q = \Delta U + W'$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$c_V < c_p$$

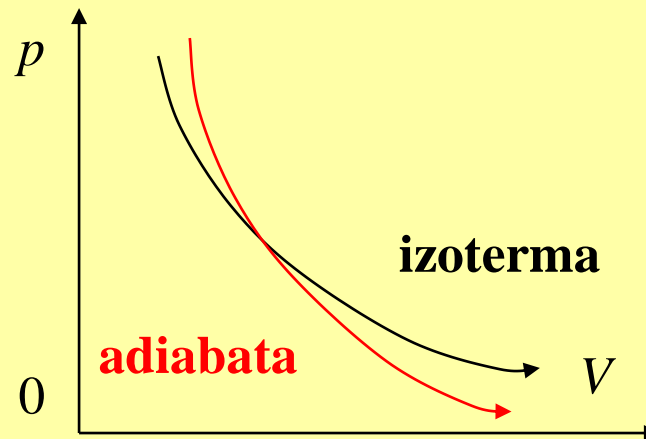
- Pretože pri izobarickom deji plyn vykoná aj prácu
- κ je Poissonova konštanta
- jednoatómové molekuly $\kappa = 1,66$
- pre dvojátómové je $\kappa = 1,4$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_V}$$

Adiabatický dej

- $Q = 0$
- Je to dej, ktorý prebieha veľmi rýchlo a nestačí prebehnúť tepelná výmena, aj keď to nie je ideálny adiabatický dej
- Poissonov zákon:

$$p_1 \cdot V_1^\kappa = p_2 \cdot V_2^\kappa$$



Obr. 9.6 p - V diagram ideálneho plynu pre adiabatický a izotermický dej.

1. Plyn zmenší izobaricky svoj objem 4-krát. Ako sa zmení jeho teplota?
2. Plyn zmenší izobaricky svoj objem 4-krát. Ako sa zmení jeho tlak?
3. Plyn zmenší izochoricky svoju teplotu 2-krát. Ako sa zmení jeho objem?
4. Plyn zmenší izochoricky svoju teplotu 2-krát. Ako sa zmení jeho tlak?
5. Plyn zmenší izotermicky svoj tlak 16-krát. Ako sa zmení jeho teplota?
6. Plyn zmenší izotermicky svoj tlak 16-krát. Ako sa zmení jeho objem?
7. Pri akom deji sa teplo, ktoré ideálny plyn prijme bez zvyšku premení na prácu, ktorú plyn vykoná?
8. Ku ktorému deju sa najviac približuje dej, ktorý prebieha pri zapálení žiarovky a jej následnom rozsvietení?
9. Banky žiaroviek sa plnia za zníženého tlaku, lebo by pri ich zapnutí a následnom zvýšení teploty mohlo dôjsť: A) k prasknutiu vplyvom zvýšenia objemu plynu v žiarovke, B) k prasknutiu vplyvom zníženia objemu v žiarovke, C) k prasknutiu vplyvom zvýšenia tlaku plynu v žiarovke, D) k prasknutiu vplyvom zníženia tlaku plynu v žiarovke.
10. Pri ktorom deji s ideálnym plynom sa nekoná práca?
11. Pri ktorom deji s ideálnym plynom sa nemení vnútorná energia?

12. Pri jazde automobilu v pneumatike: A) klesá tlak aj teplota, B) rastie tlak aj teplota, C) rastie teplota a tlak klesá, D) rastie tlak a teplota klesá.
13. Ku ktorému deju sa najviac približuje dej, ktorý prebieha pri jazde automobilu v pneumatike? Aký je význam zahrievacieho kola na automobilových pretekoch?
14. Pri jazde automobilu sa v pneumatike: A) zvyšuje rýchlosť pohybu častíc a znižuje ich vnútorná energia, B) znižuje rýchlosť pohybu častíc a zvyšuje ich vnútorná energia, C) znižuje rýchlosť pohybu častíc a znižuje aj ich vnútorná energia, D) zvyšuje rýchlosť pohybu častíc a zvyšuje aj ich vnútorná energia.
15. Plyn prudko expanduje z malej bombičky do veľkej fľaše (sifónová bombička – sodastream). Ku ktorému deju sa najviac približuje dej?
16. Plyn prudko expanduje z malej bombičky do veľkej fľaše (sifónová bombička – sodastream). Ako sa pri tom zmení jeho teplota, objem a tlak?
17. Rovnaký ideálny plyn (napr. vodík) ohrievame z teploty $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ dvoma spôsobmi. Pri prvom spôsobe expanduje do priestoru v druhom prípade je uzavretý vo fľaši a expandovať nemôže. Pri ktorom spôsobe je potrebné mu dodať menšie teplo? Zdôvodnite.

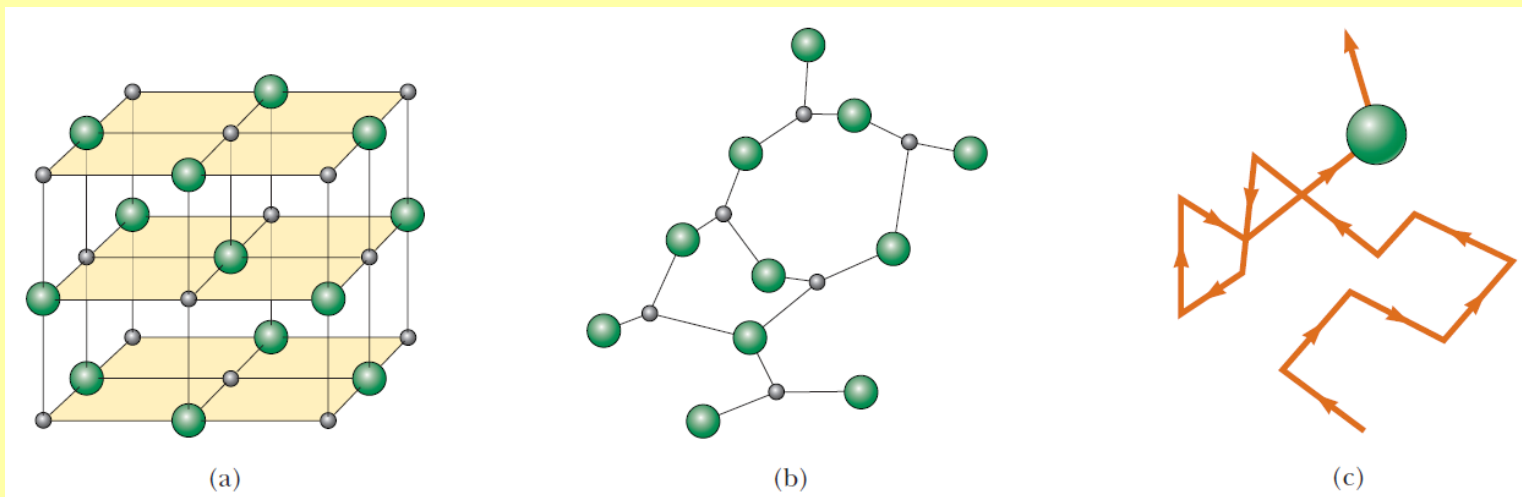
Štruktúra a vlastnosti pevných látok

1. Aký je rozdiel medzi tuhým a pevným telesom?

Tuhé teleso je nedeformovateľné

2. Aký je rozdiel medzi kryštalickými a amorfnými látkami? Uveďte príklady na obidva typy látok.

3. Čo je izotropia a anizotropia?

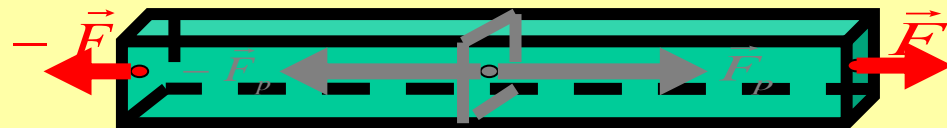


Obr. 9.7 (a) NaCl štruktúra Na⁺ (šedá) a Cl⁻ (zelená), (b) v amorfnej látke sú atómy usporiadané náhodne, (c) nepravidelný pohyb molekuly v kvapaline (Serway, 2006).

1. Čo je deformácia? Charakterizujte elastickú a plastickú deformáciu.
2. Charakterizujte, znázornite a uveďte príklad ťahovej deformácie.
3. Definujte normálové napätie.
4. Aký je rozdiel medzi relatívnym a absolútnym predĺžením?
5. Formulujte Hookeov zákon.
6. Charakterizujte, znázornite a uveďte príklad deformácie tlakom, šmykom, ohybom a krútením.

Deformácia

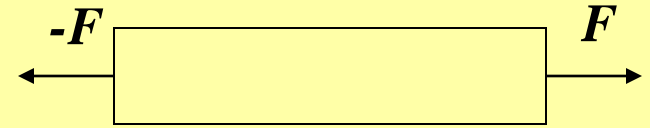
- Zmena tvaru a objemu telesa pôsobením vonkajších síl
- Tuhé prostredie je nedeformovateľné.
- V tekutom prostredí vyvolá každé napätie tlak – pôsobí kolmo na plochu
- **Deformácia pružná (elastická)**
 - vonkajšie sily vyvolajú opačne orientované vnútorné sily pružnosti zabezpečujúce jeho návrat do pôvodného stavu
- **Deformácia nepružná (plastická)**
 - vnútorné sily tu chýbajú
 - Teleso zachováva trvalo deformovaný tvar
 - Typy deformácií: **t'ah, tlak, ohyb, šmyk (strih), krútenie (torzia)**



Obr. 9.8 Sily pružnosti.

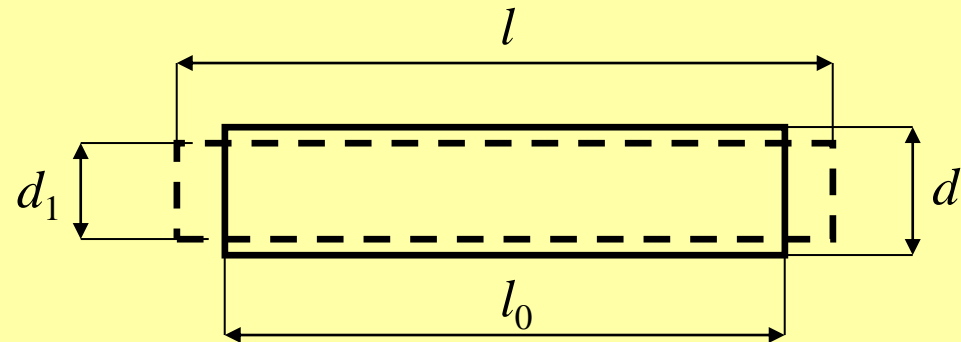
1. Ťah

- dve rovnobežné sily ležiace na jednej vektorovej priamke pôsobiace smerom von z telesa



- výt'ahové laná
- **Normálové (ťahové) napätie**

$$\sigma_n = \frac{\Delta F}{S} \quad (\text{Pa})$$



- **Absolútne predĺženie**

$$\Delta l = l - l_0$$

- **Relatívne predĺženie**
- bezrozmerné číslo

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$



Obr. 9.9 Deformácia ťahom.

Hookeov zákon

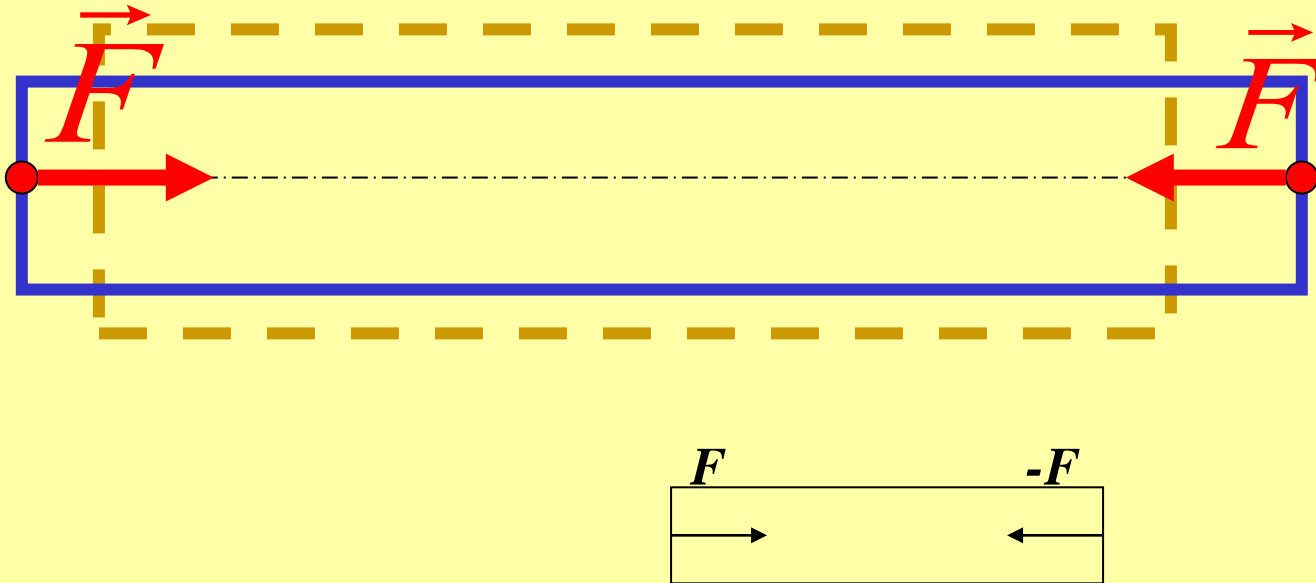
- **Normálové napätie je priamoúmerné relatívnemu predĺženiu.**
- **Deformácia je úmerná pôsobiacej sile.**

$$\sigma_n = E \cdot \varepsilon$$

- E je Youngov modul pružnosti v ťahu
- látková konštanta
- jednotkou je pascal
- je mierou elasticity materiálu
- Modul pružnosti E charakterizujeme také myslené normálové napätie, ktoré by spôsobilo predĺženie tyče na dvojnásobok pôvodnej dĺžky.

2. Tlak

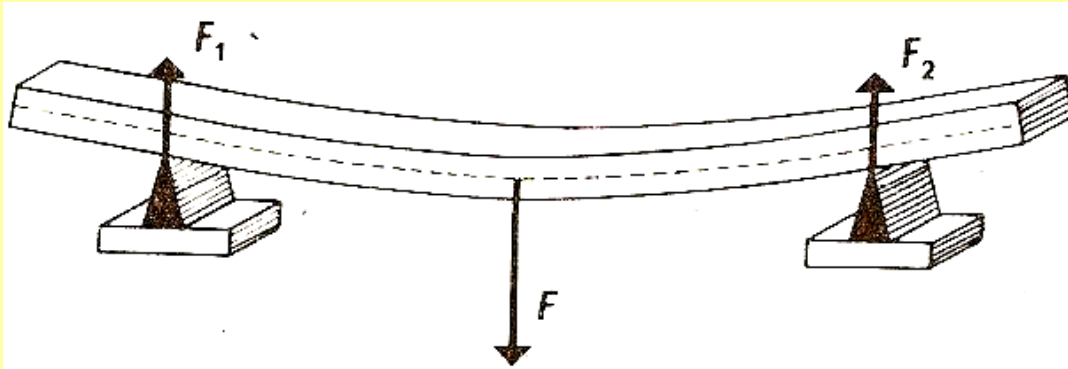
- dve rovnobežné sily ležiace na jednej vektorovej priamke pôsobiace smerom do telesa
- piliere, nosníky, podpery



Obr. 9.10 Deformácia tlakom.

3. Ohyb

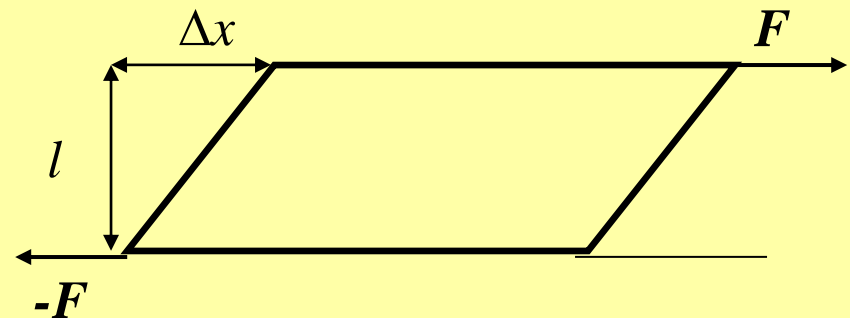
- Nosník podopretý v dvoch bodoch, ak naň pôsobí sila kolmá na os súmernosti (môže to byť zložka sily, ktorá je kolmá na os)
- Dolné vrstvy sú deformované ťahom
- Horné vrstvy tlakom
- Stred si zachováva svoju dĺžku



Obr. 9.11 Deformácia ohybom.

4. Šmyk

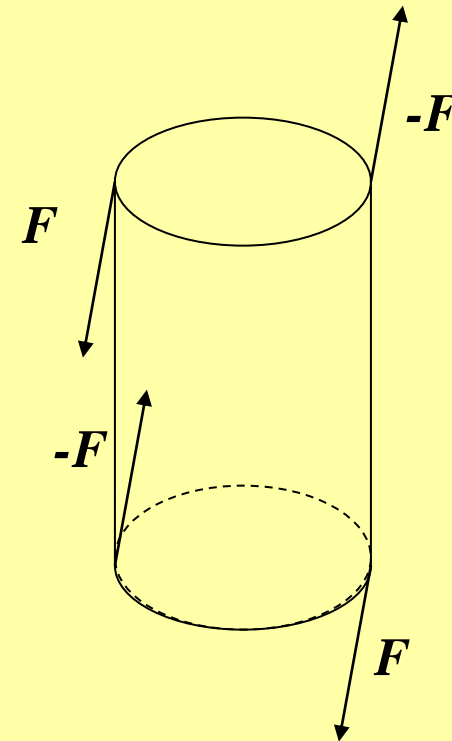
- dve rovnobežné sily opačného smeru neležiace na jednej vektorovej priamke pôsobiace na dve rôzne vrstvy
- posunutie jednotlivých vrstiev, ale ich vzdialenosť sa nemení
- skrutky, nity



Obr. 9.12 Deformácia šmykom.

5. Krútenie

- dve silové dvojice pôsobiace na koncoch tyče, ktorých momenty sú rovnako veľké, ale opačne orientované
- hriadele, skrutky, vrtáky



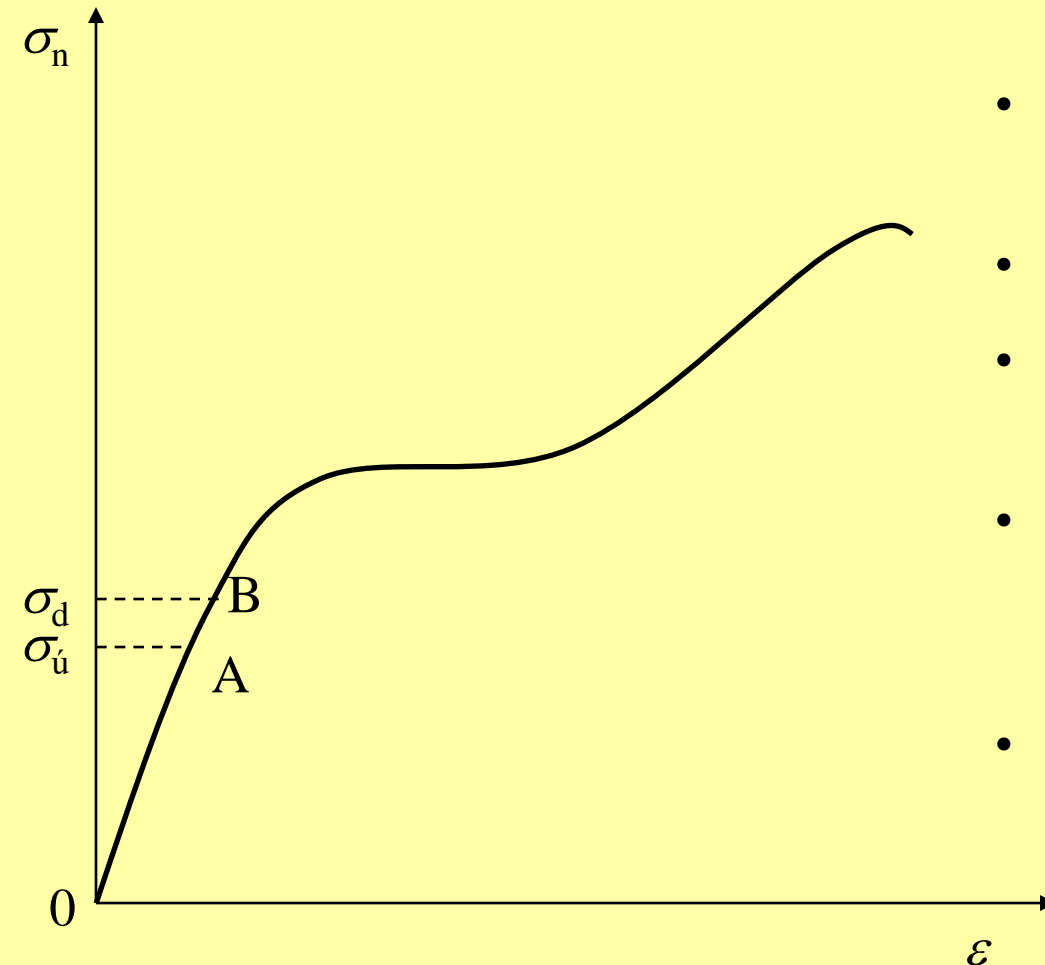
Obr. 9.13 Deformácia krútením.

1. Prečo sneh vŕzga pod nohami, keď je mráz?
2. Prečo je rám bicykla zhotovený z rúrok?
3. Čo vyjadruje krivka deformácie? Znázornite jej priebeh pre kov. Vyznačte všetky dôležité medze a opíšte jej priebeh.
4. Prečo sa materiál pretrhne pri ťahovej deformácii v najtenšom mieste?



Obr. 9.14 Trhací stroj (comtesfht.cz, 2018).

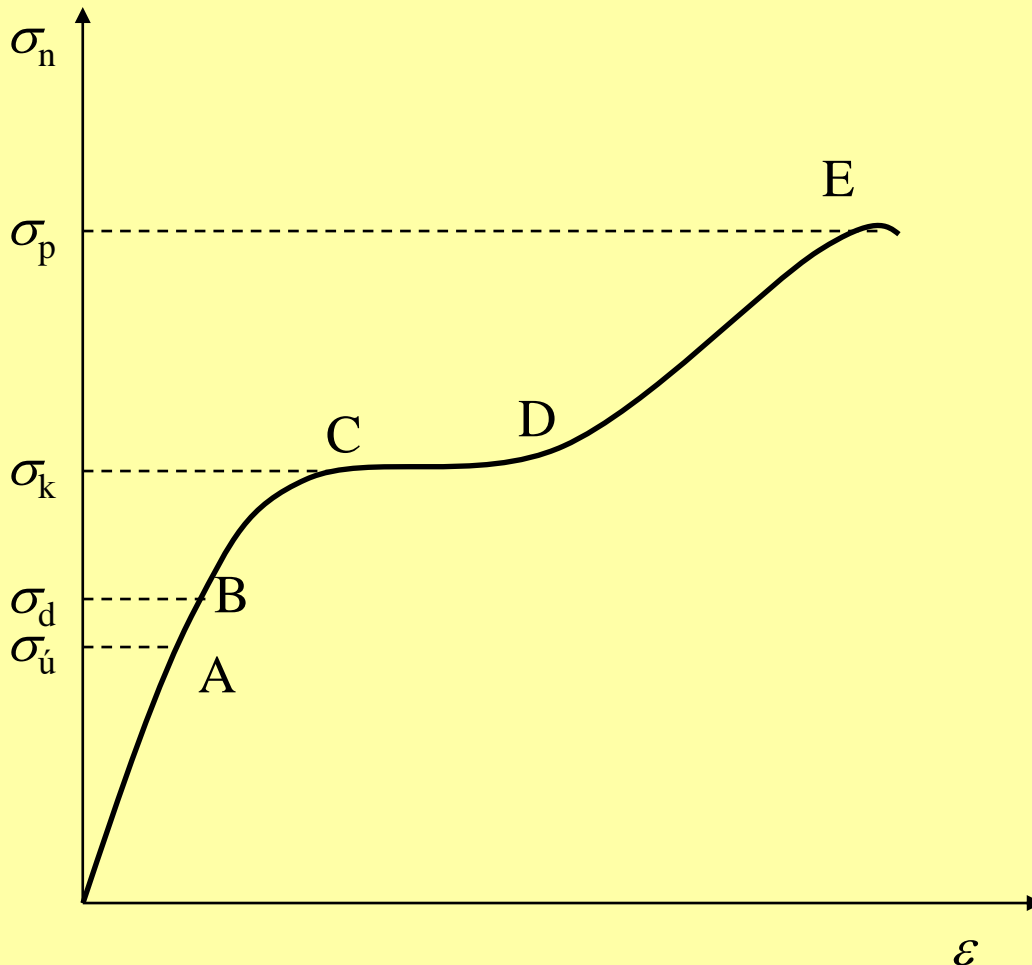
Krivka deformácie



Obr. 9.15 Krivka deformácie.

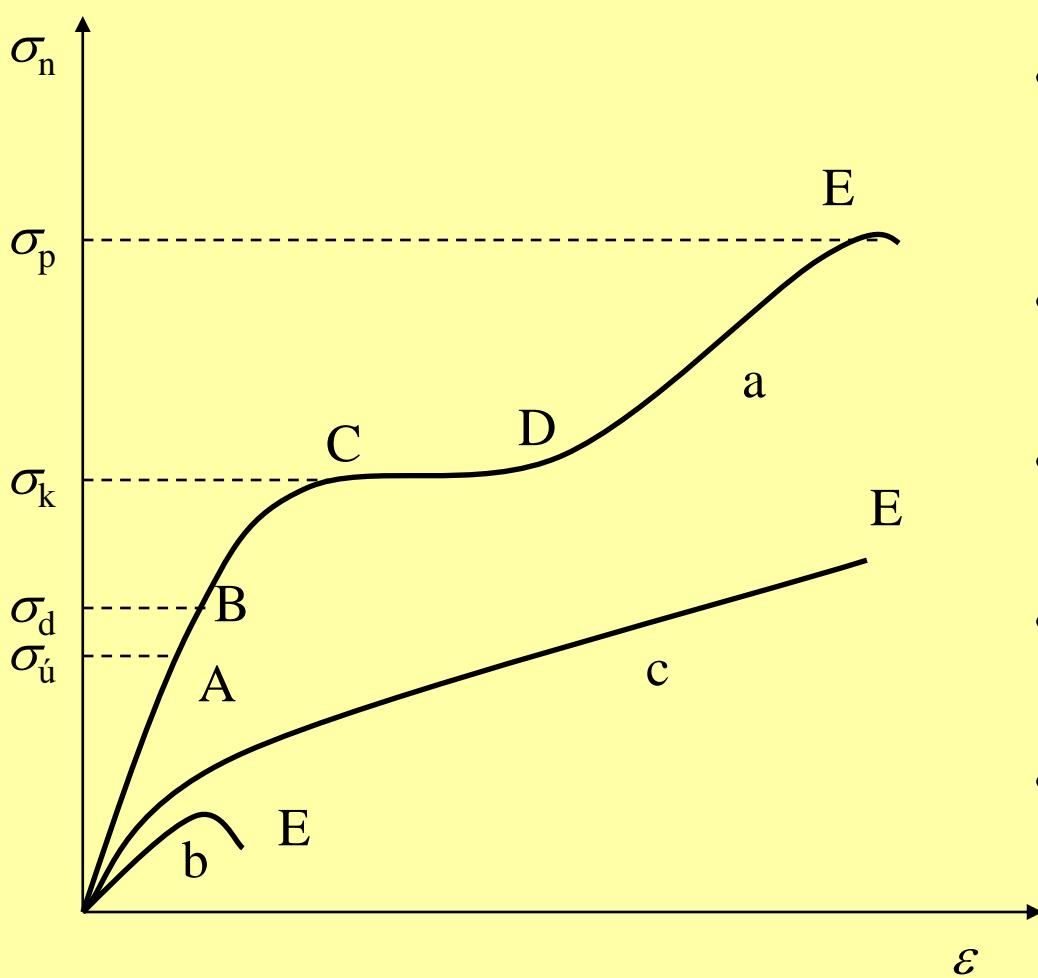
- pružné materiály $\sigma_{\dot{u}}$ – medza úmernosti.
- OA pružná deformácia – oblasť platnosti Hookeovho zákona
- σ_d – medza pružnosti
- AB významne sa nelíši od medze úmernosti
- Je to napätie, pri ktorom trvalá deformácia neprekročí určitú – malú – hodnotu (napr. 0,005 %).
- V bode B končí elastická deformácia. Nad medzou pružnosti už zostáva trvalá (plastická) deformácia.

Krivka deformácie



Obr. 9.15 Krivka deformácie.

- σ_k – medza priet'ažnosti (medza klzu)
- vodorovná časť čiary za bodom C
- značné predĺženie sa dosiahne bez zvýšenia napätia – klz (tečenie).
- σ_p – medza pevnosti
- Opäť je potrebné zvyšovanie napätia
- V bode E sa tyč v niektorom mieste nápadne zúži a nakoniec sa pretrhne.



Obr. 9.16 Krivky deformácie.

- Pevnosť je maximálne napätie, ktoré znesie látka bez poškodenia
- **Krehké materiály** (liatina, sklo)
- Majú medzu pevnosti menšiu ako medzu pružnosti.
- Nevzniká pri nich deformácia – neznesú tvarové zmeny.
- Pôsobením nárazovej sily sa rozbijú na drobné kúsky (krivka b)
- **Tvárne (plastické) materiály**
- Sa účinkom vonkajšej sily deformujú a udržia deformovaný tvar (krivka c). Sú nepružné

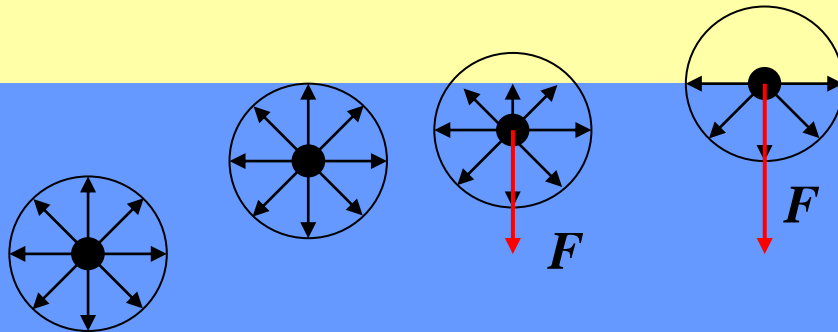
Štruktúra a vlastnosti kvapalín

- Sú podobné amorfným látkam krátkodosahové aj krátkodobé (rádovo 1 ns) pravidelné usporiadanie. **Častice sú voľne viazané na rovnovážne polohy.**
- **Zmeny rovnovážnych polôh sú rýchlejšie pri vyššej teplote.**
- **Absolútna hodnota potenciálnej energie častíc je rádovo porovnateľná s ich kinetickou energiou.**

1. Čo tvorí povrchovú vrstvu kvapaliny? Ako sa táto vrstva správa?
2. Vysvetlite pojmy kohézia a adhézia.
3. Definujte pojmy kohézny tlak, povrchové napätie a povrchová energia a uveďte vzťah medzi povrchovým napätím a energiou. Uveďte, od čoho závisí povrchové napätie.
4. Aký tvar by nadobudli kvapky v bezťažovom stave a prečo? Aký tvar nadobúdajú v tiažovom poli? Zdôvodnite.
5. Aký tvar má ortuť, keď vytečie z ortuťového teplomera? Prečo?

Povrchová vrstva kvapaliny

- Voľný povrch kvapaliny sa správa ako **tenká pružná blana**
- Každá molekula interaguje s okolitými
- V **sfére** (guli) **molekulového pôsobenia** (polomer rádovo 1 nm) je množstvo molekúl
- Pre molekuly, ktorých vzdialenosť od voľného povrchu kvapaliny je menšia ako r_m (tvoria **povrchovú vrstvu kvapaliny**) platí:
- **Výslednica príťažlivých síl od susedných molekúl v jej okolí, je kolmá na voľný povrch kvapaliny a má smer dovnútra kvapaliny.** Táto výslednica smerom k povrchu rastie



Obr. 9.17 Povrchová vrstva kvapaliny.

- **Kohézia** *súdržnosť* molekúl tej istej látky v dôsledku príťažlivých síl.
- **Adhézia** *prilnavosť* molekúl dvoch látok v dôsledku príťažlivých síl stýkajúcich sa vrstiev.
- Normálové zložky síl vyvolávajú v kvapaline veľký **kohézny tlak** – vznik **povrchovej blany**.
- Tangenciálne (s povrchom rovnobežné) zložky síl vyvolávajú v kvapaline **povrchové napätie**.
- Molekulám v povrchovej vrstve prislúcha **povrchová energia** (jedna zo zložiek vnútornej energie kvapaliny), ktorú získajú prenosom molekúl z vnútra kvapaliny do povrchovej vrstvy.
- Pri zmene povrchu kvapaliny daného objemu o hodnotu ΔS , zmení sa povrchová energia o hodnotu ΔE .

$$\Delta E = \sigma \cdot \Delta S$$

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta S}$$

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{dF}{dl}$$

[N.m⁻¹]

- Povrchové napätie je teda rovné podielu tangenciálnej zložky povrchovej sily a dĺžky okraja povrchovej blany, na ktorý sila kolmo pôsobí.
- **Povrchové napätie** závisí od:
 - druhu kvapaliny
 - prostredia nad voľným povrchom kvapaliny
 - teploty – s rastúcou teplotou klesá.
 - Rozpustených látok v kvapaline (saponáty).
- **Povrchová energia je minimálna pri minimálnom povrchu** (najmenej molekúl má túto energiu). **Minimálny obsah povrchu pri danom objeme má guľa**. Kvapalina chce nadobudnúť práve tento tvar s minimálnou potenciálnou energiou. Kvapky hmly, rosy ap.
- Pri väčších kvapkách je guľový tvar deformovaný tiažovou silou a silou podložky.



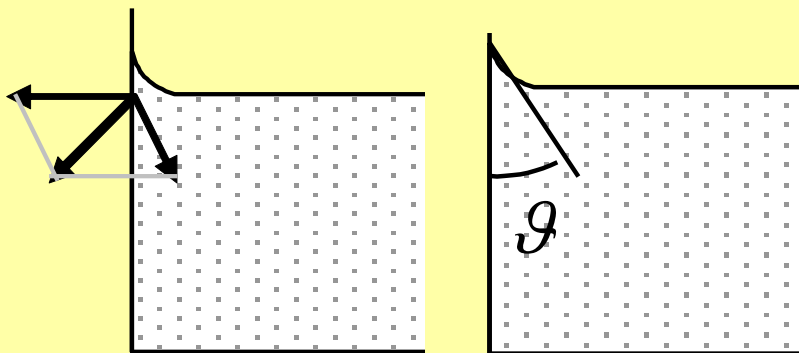
Obr. 9.18 Povrchové napätie.

1. Vysvetlite pojem kapilarita. Na obrázku znázorníte a vysvetlite kapilárnu eleváciu a depresiu. Uved'te podmienku rovnováhy.
2. Vysvetlite prečo majú dažďové kvapky na niektorých listoch pôvodný tvar a na iných sa roztečú?
3. Dve ortuťové kvapky sa pri priblížení na dotyk: A) spoja, B) odpudia, C) roztečú, D) nebudú na seba nijak pôsobiť.
4. Ortuť v pohári v beztiažovom stave: A) vytvorí tvar gule, B) vyplní celý pohár aj zvonka, C) roztečie sa po dne, D) ostane v pôvodnom tvare.
5. Prečo stan nepreteká, keď naň prší? A) lebo voda nezmáča jeho steny, B) lebo molekuly vody nie sú schopné preniknúť cez látku, z ktorej je stan vyrobený, C) lebo povrchové napätie vody je veľmi malé, D) lebo voda zmáča steny stanu.
6. V kapiláre vystúpila voda počas pokusu do výšky h . Aký by bol výsledok tohto pokusu, keby sme ho uskutočnili v beztiažovom stave? A) Voda by vyplnila celú kapiláru, B) Voda by do kapiláry nevstúpila, C) Voda by vyplnila rovnako veľký stĺpec ako na Zemi, D) Voda by vyplnila šesťkrát menší stĺpec ako na Zemi.
7. V dôsledku akého javu vlhnú steny domov, ak je dom zle zaizolovaný?

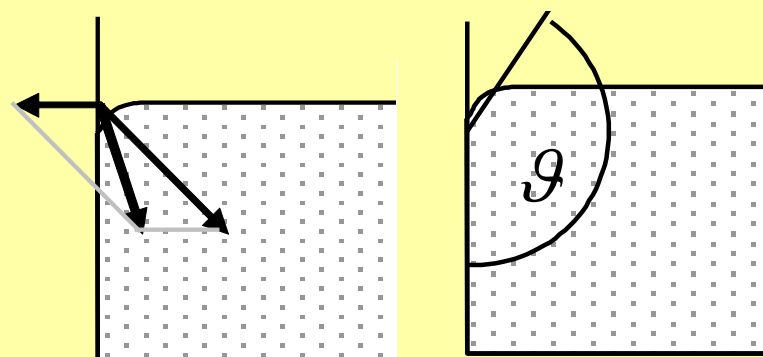
Javy na rozhraní troch prostredí

- Kohézne sily susedných molekúl kvapaliny
- Adhézne sily molekúl pevnej látky a kvapaliny

Povrch kvapaliny je kolmý na výslednicu síl.



Obr. 9.19 Zmäčanie.



Obr. 9.20 Nezmáčanie.

Adhézne sily > kohézne sily

$$0 \leq \nu \leq 90^\circ$$

Kvapalina **zmáča** stenu nádoby

Adhézne sily < kohézne sily

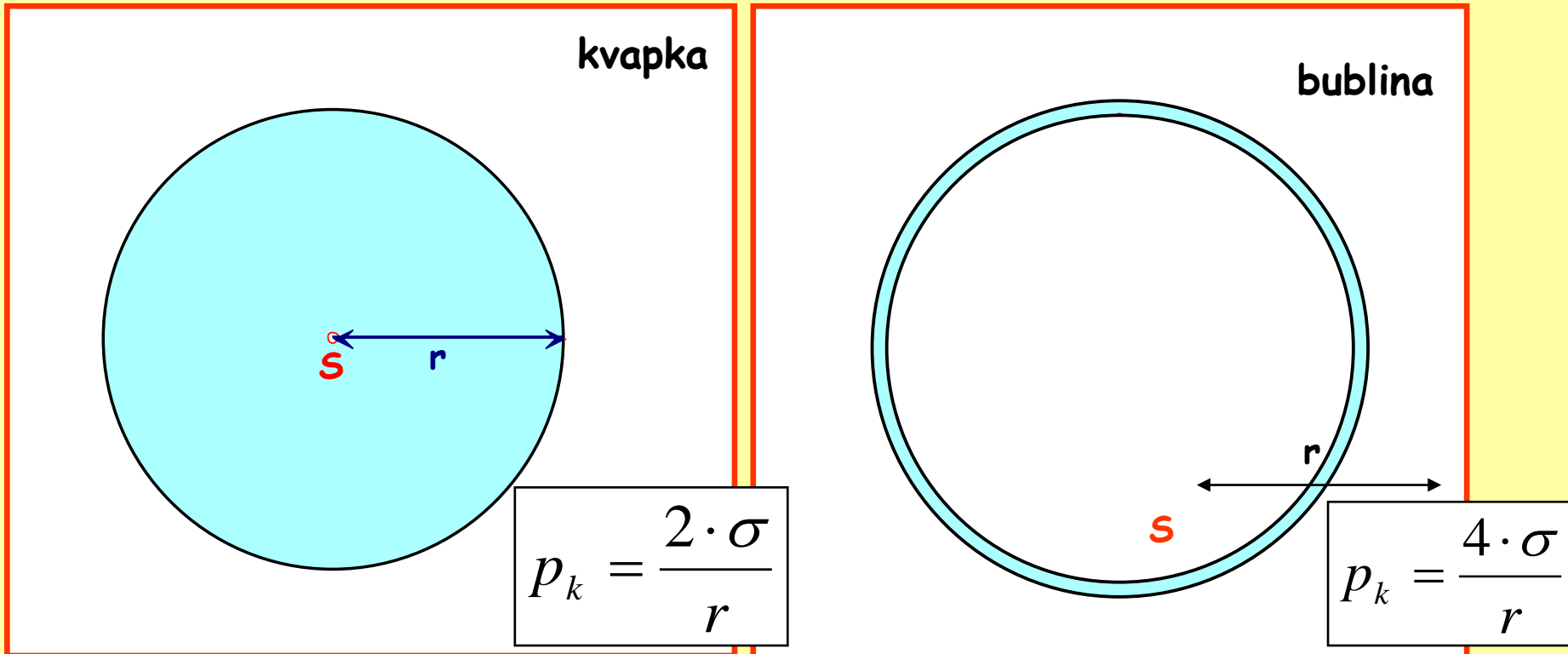
$$90^\circ \leq \nu \leq 180^\circ$$

Kvapalina **nezmáča** stenu nádoby

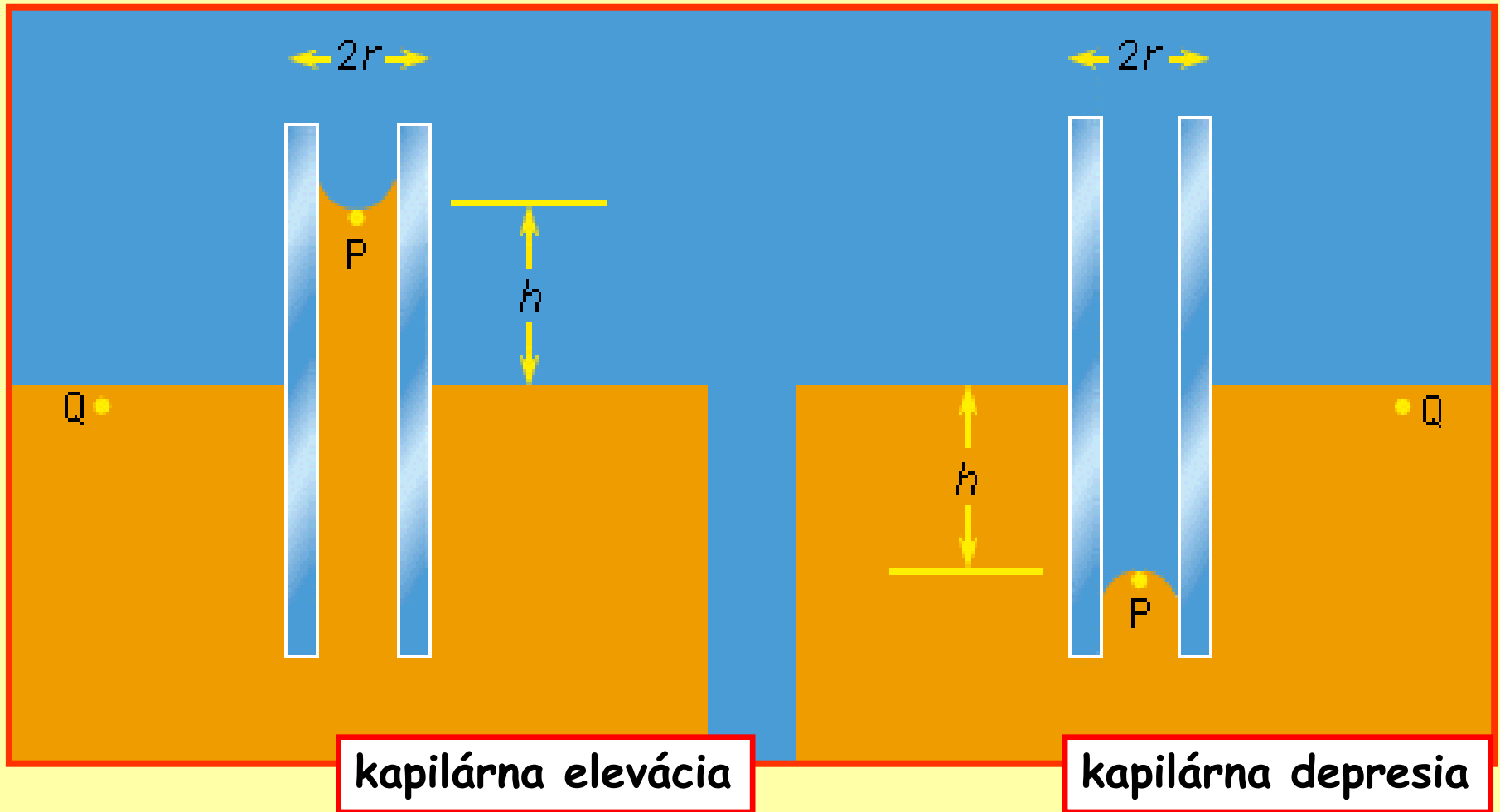
Kapilarita - vzlínavosť

Kapilárny tlak

Zakrivený povrch kvapaliny (pri stene nádoby, v bublinách, v kvapkách alebo kapilárach) **spôsobuje vznik prídavného tlaku – kapilárny tlak – p_k .**

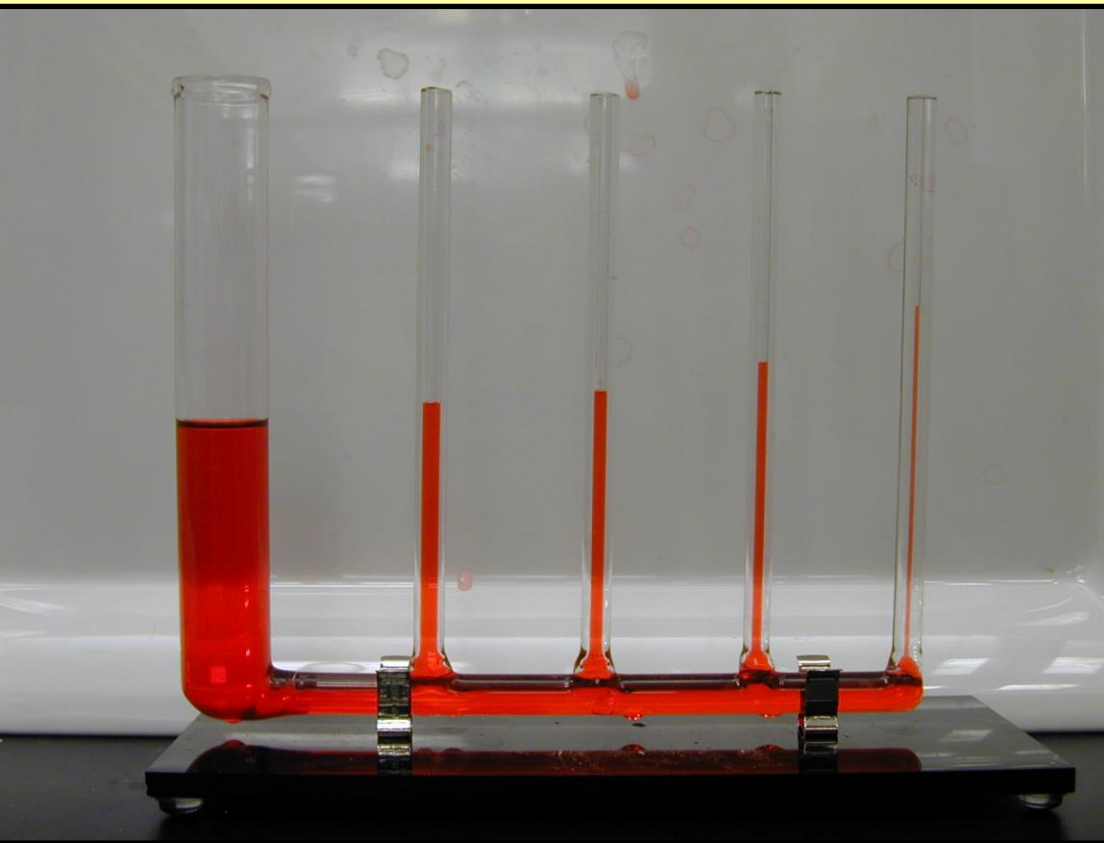


Obr. 9.21 Kapilárny tlak.



kapilárna elevácia + kapilárna depresia = kapilarita

Rovnovážny stav kvapaliny v kapiláre



Obr. 9.23 Kapilárna elevácia.

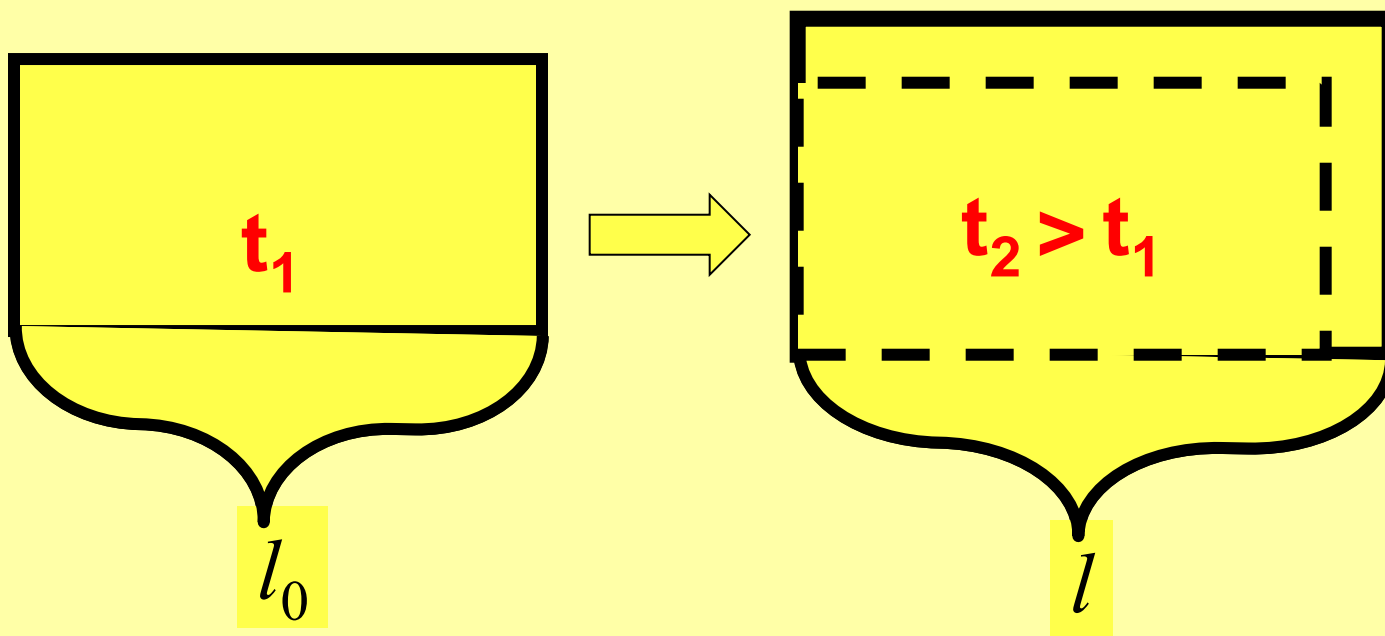
$$p_k = p_h$$

$$\frac{2 \cdot \sigma}{r} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{2 \cdot \sigma}{\rho \cdot g \cdot r}$$

Teplotná rozťažnosť pevných a kvapalných telies

- Pri ohrievaní pevných a kvapalných telies dochádza väčšinou k zväčšovaniu ich rozmerov.



Obr. 9.24 Teplotná rozťažnosť.

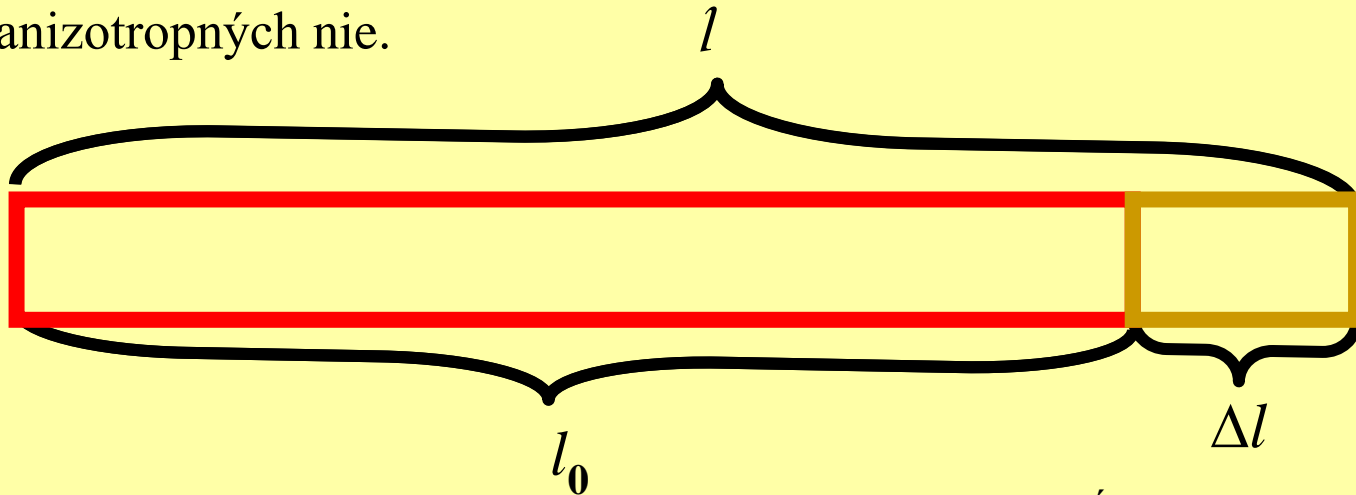
Dĺžková rozťažnosť

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$l = \Delta l + l_0$$

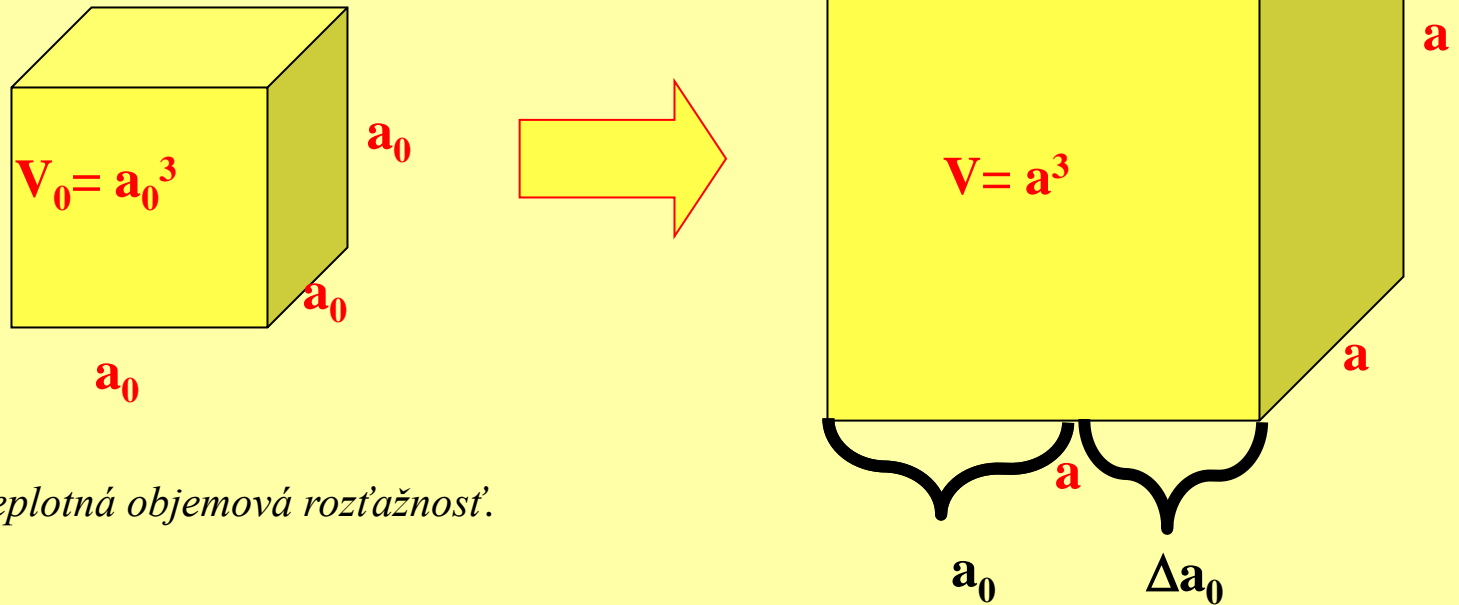
$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

- α je koeficient teplotnej dĺžkovej rozťažnosti
- jednotka je reciproký kelvin [K⁻¹]
- Závisí od látky a teploty.
- Pri pevných látkach je rádovo 10⁻⁵ K⁻¹
- vo všetkých smeroch je rovnaký len u izotropných látok, u anizotropných nie.



Obr. 9.25 Teplotná dĺžková rozťažnosť.

Objemová rozt'ažnosť



Obr. 9.26 Teplotná objemová rozt'ažnosť.

Platí analógia:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$V = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta t)$$

$$V = V_0 \cdot (1 + 3\alpha \cdot \Delta t)$$

$$\beta = 3\alpha$$

$$V = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta t)$$

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

- β je koeficient teplotnej objemovej rozťažnosti
- β je rádovo ($10^{-3} - 10^{-4}$) K^{-1}

1. Struny gitary po prenesení na chladné miesto sa: A) predĺžia, B) uvoľnia, C) napnú, D) nezmenia dĺžku.
2. Železobetón je možné použiť aj z dôvodu, že koeficient teplotnej dĺžkovej rozťažnosti železa je: A) rádovo menší ako koeficient teplotnej dĺžkovej rozťažnosti betónu, B) rádovo väčší ako koeficient teplotnej dĺžkovej rozťažnosti betónu, C) rádovo neporovnateľný ako koeficient teplotnej dĺžkovej rozťažnosti betónu, D) rádovo porovnateľný ako koeficient teplotnej dĺžkovej rozťažnosti betónu.



Obr. 9.26 Teplotná rozťažnosť (Serway, 2006), (Reichel, 2010).

Zdroje obrázkov

1. Comtes FHT. 2018. Nový přípravek pro testy hlubokého tažení plechů. [Online] 8. 2. 2018. [Dátum: 8. 4. 2022.] <https://www.comtesfht.cz/novy-pripravek-pro-testy-hlubokeho-tazeni-plechu>.
2. Pixbay. 2016. Pexels Aurora Borealis [Online] 19. 11. 2016. [Dátum: 8. 4. 2022.] <https://pixabay.com/sk/photos/aurora-borealis-kab%20adna-sneh-chladn%20bd-1839582/>.
3. Pixbay., 2016a. Susannp4 Loď[Online] 10. 8. 2016. [Dátum: 8. 4. 2022.] <https://pixabay.com/sk/photos/plavba-lo%208f-oce%20a1nu-v%20bdletn%20ba-lo%208f-1578528/>.
4. Pixbay. 2017. SCR3AMFR3AK Vlak. [Online] 15. 6. 2017. [Dátum: 8. 4. 2022.] <https://pixabay.com/sk/photos/vlak-krajina-hmla-ko%20beajnice-2401406/>.
5. Pixbay. 2018. jplenio Búrka. [Online] 21. 5. 2018. [Dátum: 8. 4. 2022.] <https://pixabay.com/sk/photos/b%20barka-more-oblaky-ostrov-nebo-3417042/>.

Zdroje obrázkov

6. Pixbay. 2019. geguziukasig Balón. [Online] 1. 4. 2019. [Dátum: 8. 4. 2022.]
<https://pixabay.com/sk/photos/bal%c3%b3n-pr%c3%adroda-krajina-obloha-4095513>.
7. Serway, R. a kol. 2006. College Physics. s.l. : Brooks Cole;, 2006. s. 1056. ISBN-13: 978-0495113690.
8. Reichl, J. (19. 11 2011). Encyklopedie fyziky. Cit. 19. 11 2011. <http://fyzika.jreichl.com/>