

ZADANIE: Štruktúra a vlastnosti pevných látok

Vysvetlite vlastnosti pevných látok v závislosti od ich vnútornej štruktúry. Uveďte rôzne druhy deformácií pevných telies. Fyzikálne interpretujte Hookov zákon a naznačte jeho dôsledky pre technickú prax. Objasnite príčiny a dôsledky teplotnej rozťažnosti pevných látok.

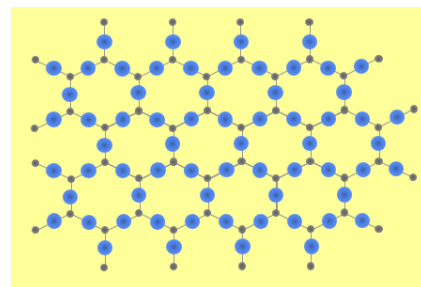
Obsah:

- kryštalické a amorfné látky
- deformácia pevného telesa, druhy deformácií
- Hookov zákon
- Krivka deformácie

Veľa predmetov každodennej potreby, stroje, prístroje, technické zariadenia, časti stavebných materiálov sú vyrobené z rozličných druhov kovov, dreva, skla, plastov a pod. Z hľadiska fyziky ide o **pevné látky**. Pevné látky rozdeľujeme do dvoch skupín: na kryštalické a amorfné látky.

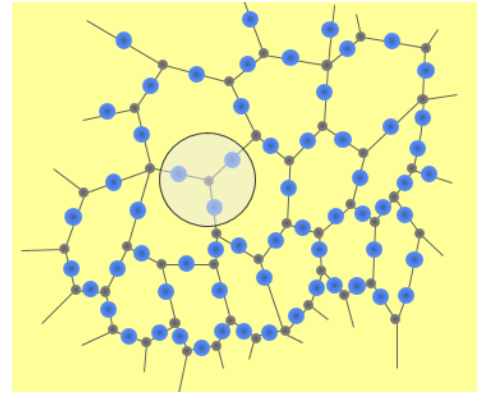
Kryštalické látky:

- sú charakterizované pravidelným usporiadaním častíc
- usporiadanie častíc sa vyznačuje ďalekodohovým usporiadaním
- niektoré sa vyskytujú ako **monokryštály**:
 - vnútri monokryštálu sú častice usporiadané tak, že isté rozloženie častíc sa opakuje v celom kryštáli
 - monokryštály niektorých látok sa vyskytujú v prírode, napr. kamenná soľ NaCl, kremeň SiO₂, diamant, granát
 - existujú aj umelo vyrobené monokryštály, napr. kovy (meď, olovo, zinok), polovodiče (germánium, kremík), umelé drahokamy (rubín)
 - monokryštály sú **anizotropné**- ich fyzikálne vlastnosti sa menia podľa smeru vzhľadom na stavbu (napr. kúsok sludy sa v istých rovinách ľahko štiepi na tenké lístky, no veľmi ťažko ho rozdeliť v smere kolmom na tieto roviny)
- väčšina sa vyskytuje ako **polykryštály**:
 - skladajú sa z veľkého počtu drobných kryštálikov – zrn s rozmermi od 10μm do niekoľko mm. Vnútri zrn sú častice usporiadané pravidelne, vzájomná poloha zrn je však náhodná (patria tu všetky kovy, ktoré sa vyskytujú v technickej praxi)
 - polykryštály sú **izotropné** – vlastnosti týchto látok sú vo všetkých smeroch vnútri polykryštálu rovnaké



Amorfné látky:

- v amorfnej látke okolo vybranej častice sú častice rozložené približne pravidelne, ale so zväčšujúcou sa vzdialenosťou sa táto pravidelnosť usporiadania častíc porušuje, Hovoríme o krátkodosahovom usporiadaní častíc.
- patrí tu sklo, jantár, živica, vosk, asfalt, plasty
- amorfne látky sú **izotropné**
- osobitnú skupinu tvoria **polyméry** (kaučuk, celulóza, drevo, bavlna, srst', koža, bielkoviny, celofán, rozličné plasty)



Deformácia pevného telesa

Pevné väzby medzi časticami pevnej látky spôsobujú, že základnou charakteristikou pevných telies je ich **tvar**. Zmenu tvaru pevného telesa spôsobenú účinkom vonkajších síl nazývame **deformácia**.

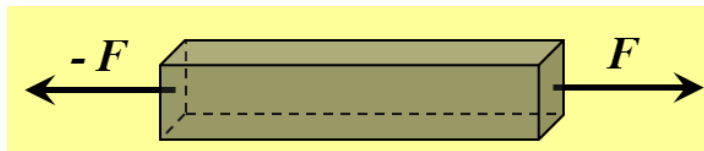
Druhy deformácie:

1. **Pružná (elastická) deformácia** – pevné teleso nadobudne pôvodný tvar, len čo prestanú pôsobiť vonkajšie sily. Ide o dočasnú deformáciu.
2. **tvárna (plastická) deformácia** – trvalá deformácia pevného telesa.

Poznáme päť jednoduchých deformácií: ťahom, tlakom, ohybom, šmykom a krútením.

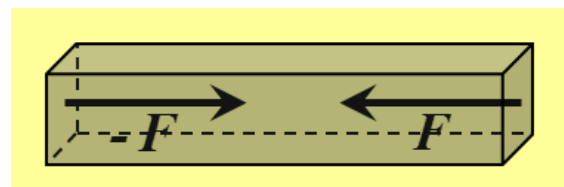
Deformácia ťahom:

- na teleso pôsobia dve rovnako veľké sily so smermi von z telesa. Vektorové priamky síl sú totožné. (napr. zavesené lano výťahu)



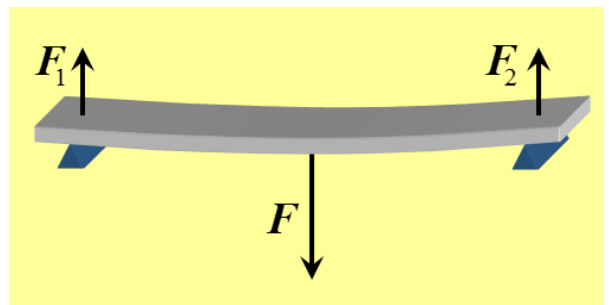
Deformácia tlakom

- na teleso pôsobia dve rovnako veľké sily so smermi do vnútra telesa. Vektorové priamky síl sú totožné.



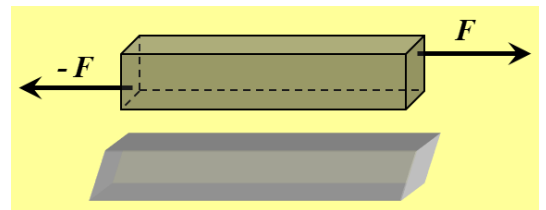
Deformácia ohybom

- nastane napr. na nosníku podoprenom na oboch koncoch, ak pôsobí naň sila kolmo na jeho pozdĺžnu os súmernosti.



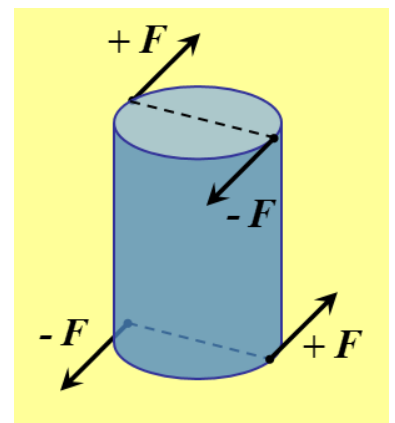
Deformácia šmykom

- na teleso pôsobia dve rovnako veľké sily so smermi von z telesa. Vektorové priamky síl nie sú totožné. Sily spôsobia posunutie jednotlivých vrstiev telesa, pritom sa vzdialenosť vrstiev nemení.



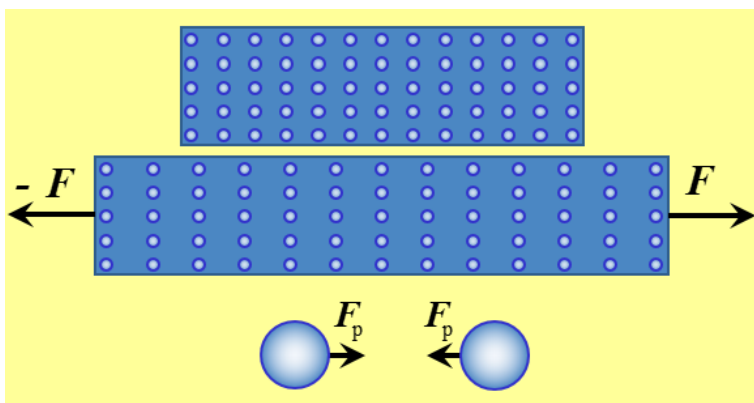
Deformácia krútením

- keď napr. na koncoch tyče pôsobia dve silové dvojice, ich momenty síl sú rovnako veľké ale opačného smeru (napr. deformácia skrútek, vrtákov)



Pri pružne deformovanom pevnom telese pôsobia na plochu ľubovoľného pričného rezu z oboch strán **sily pružnosti** (pri deformácií ťahom prevládajú príťažlivé sily, pri deformácií tlakom prevládajú odpudivé sily). Ak je teleso deformované ťahom:

- príťažlivé sily pružnosti \vec{F}_p pôsobia proti deformácií telesa. Pôsobením vonkajších síl \vec{F} a $-\vec{F}$ sa



zväčšujú vzdialenosti medzi časticami. So zväčšujúcou sa vzdialenosťou častíc narastá veľkosť príťažlivých síl. V istom okamihu nastane:

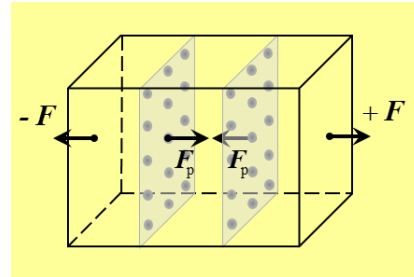
$$F_p = F$$

teleso sa prestane viac deformovať, bude v pokoji. Podobne to platí aj pri deformácií tlakom.

V ľubovoľnom priečnom reze telesa vzniká pri deformácii stav napätosti, charakterizovaný tzv. **normálovým napätím**. Normálové napätie je definované podielom veľkostí síl pružnosti pôsobiacej kolmo na plochu rezu obsahu S a veľkosti plochy.

$$\sigma_n = \frac{F_p}{S}$$

$$[\sigma_n] = \frac{N}{m^2} = Pa$$



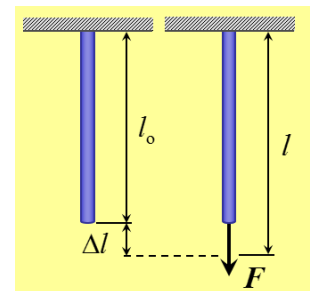
Krivka deformácie

Deformujúce sily spôsobujú aj zmeny rozmerov deformovaného telesa. Pri deformácii ťahom sa tyč predĺži z pôvodnej dĺžky l_1 na dĺžku l . Pre **absolútne predĺženie** platí:

$$\Delta l = l - l_1$$

V praxi je často výhodnejšie uvažovať o **relatívnom predĺžení** (pomer medzi zmenou dĺžky a pôvodnou dĺžkou telesa):

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{l - l_1}{l}$$



Pri postupnom zväčšovaní veľkostí síl deformujúcich skúmaný materiál môžeme experimentálne sledovať závislosť normálového napätia σ_n od relatívneho predĺženia ε . Grafická závislosť $\sigma_n = f(\varepsilon)$ sa nazýva **krivka deformácie**.

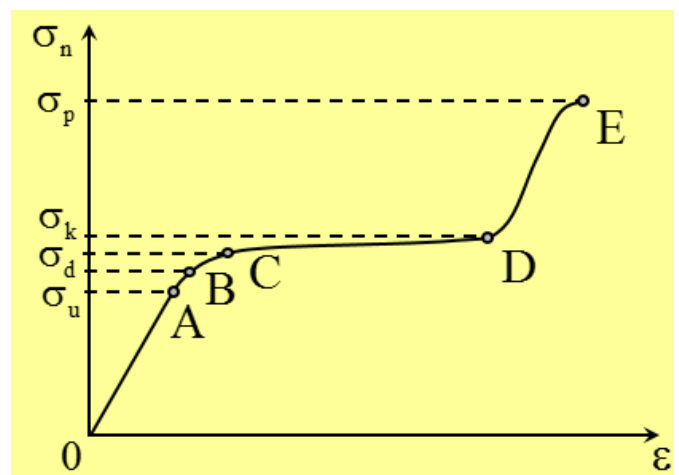
Krivka deformácie tyče z mäkkej ocele:

- úsečka OA zodpovedá pružnej deformácii. Normálové napätie je priamoúmerné relatívnemu predĺženiu. Platí **Hookov zákon**:

$$\sigma_n = E\varepsilon$$

E – modul pružnosti v ťahu, $[E] = Pa$.

Napätie, ktoré zodpovedá bodu A nazývame **medza úmernosti** σ_u .



- časť krivky AB zodpovedá **dopružovaniu**. Keď prestanú na tyč pôsobiť vonkajšie sily , deformácia nezanikne hneď, ale až po určitom čase. Jav dopružovania možno pozorovať napr. na gumovej hadici, ktorú zaťažíme. Po odstránení záťaže sa hadica skrúti na dĺžku o niečo väčšiu , ako bola pôvodná dĺžka. Deformácia zanikne až po istom čase. Dopružovanie nastane v telesách , v ktorých nebolo vyvolané väčšie normálové napätie ako **medza pružnosti σ_d** . Medza úmernosti sa zväčša príliš neodlišuje od medze pružnosti, niektoré látky majú dokonca obe medze rovnako veľké a pri takých látkach dopružovanie nenastáva.
- časť krivky BE odpovedá **oblasti plastickej deformácie**. Úseku CD zodpovedá **tečenie materiálu**, keď malej zmene normálového napätia prislúcha veľká zmena relatívneho predĺženia. Napätie σ_k , pri ktorom nastáva náhle predĺženie materiálu sa nazýva **medza klzu (medza prietážnosti)**.
- úsek DE na krivke deformácie zodpovedá **spevneniu materiálu**, ktoré sa končí po dosiahnutí **medze pevnosti σ_p** . Po prekročení medze pevnosti sa látka pretrhne.

Krivka deformácie nemá rovnaký priebeh pri všetkých látkach. Z jej priebehu môžeme rozhodnúť, ktorá látka je pružná, ktorá krehká a či je schopná veľkých plastickej deformácií. Keď aj pri dosť veľkom relatívnom predĺžení je vyvolané normálové napätie menšie ako medza pružnosti, je látka **pružná** (ocel). Ak látka má medzu pružnosti približujúcu sa medzi pevnosti, patrí medzi **krehké** látky (liatina, sklo, porcelán, mramor).