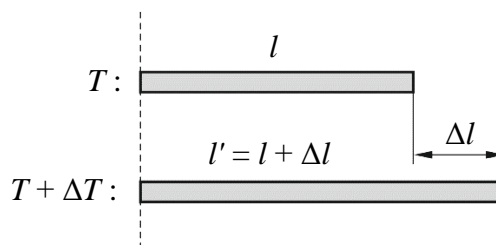


## 7.4 TERMIČNO RAZTEZANJE SNOVI

Pri danem tlaku je prostornina snovi (trdnin, kapljev in plinov) odvisna od temperature. Večina snovi se pri segrevanju razteza, pri ohlajanju pa krči. Pojavu pravimo **termično oz. temperaturno raztezanje** snovi. Vendar se vse snovi ne raztezajo enako močno. To je odvisno od vrste snovi in od njihovega agregatnega stanja. *Najmanj se raztezajo trdne snovi, precej bolj kapljevine, najbolj pa se raztezajo plini.*

### 7.4.1 Dolžinsko termično raztezanje

Pogosto ima telo eno dimenzijo prevladujočo, npr. palica, žica, cev, nosilec, tračnica ... Takšno telo se najbolj razteza v smeri prevladujoče dimenzije, govorimo o **dolžinskem oz. linearnem termičnem raztezanju**. Vzemimo palico, ki ima pri temperaturi  $T$  dolžino  $l$ . Če palico segrejemo za temperaturno razliko  $\Delta T$ , se njena dolžina poveča za  $\Delta l$  (slika 1). Dvakrat daljša palica se ob enaki spremembi temperature podaljša za dvakrat toliko. Podaljšek je torej sorazmeren z dolžino palice. Raztezek dolžinske enote palice dobimo tako, da celotni dolžinski raztezek  $\Delta l$  delimo z dolžino palice  $l$ . Ta kvocient  $\Delta l/l$  imenujemo **relativni dolžinski raztezek** palice, ki je število (torej brez enote); običajno ga izražamo v odstotkih.



Slika 1

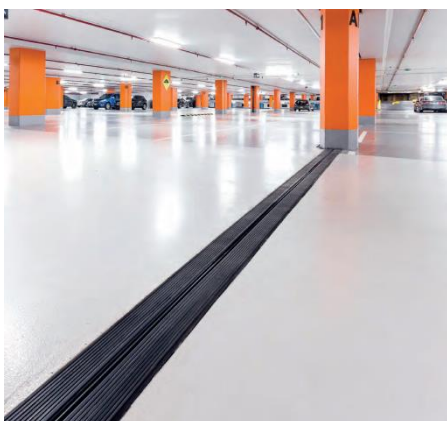
Poskusi kažejo, da je *relativna sprememba dolžine premo sorazmerna s spremembo temperature  $\Delta T$* :

$$\frac{\Delta l}{l} = \text{konst} \cdot \Delta T \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta l}{l} = \alpha \cdot \Delta T$$

Sorazmernostni faktor  $\alpha$  ima enoto  $\text{K}^{-1} = /\text{K}$  in je snovna konstanta za posamezno snov. Imenujemo ga **dolžinska razteznost** ali *temperaturni koeficient dolžinskega razteзка*. Čim večja je dolžinska razteznost, tem bolj se snov pri segrevanju razteza, pri ohlajanju pa krči. Dolžinske razteznosti kovin so reda velikosti  $10^{-5} /\text{K}$ . Termično spreminjanje dolžine teles torej zapišemo z izrazom:

$$\Delta l = l \alpha \Delta T \quad : \quad \text{enačba dolžinskega raztezanja}$$

Če telo ni prosto (če je na primer vgrajeno v kakšno konstrukcijo) oziroma če nima prostora, da bi se med segrevanjem raztezalo, se v njem pojavi velik tlak, ki ga lahko deformira. Staknjena telesa morajo imeti približno enake razteznosti, da se enako raztezajo ali krčijo, drugače počijo ali se zvijejo. Platina se razteza skoraj enako kot navadno steklo, zato jo lahko vgradimo vanj. Betonsko železo se razteza podobno kot beton, kar omogoča železobetonske zgradbe. Gradbene in druge konstrukcije imajo zato raztezne reže.



Slika 2a



Slika 2b



Slika 2c

Nekatere zgradbe so zelo razpotegnjene. Na določenem mestu je reža, ki omogoča raztezanje in krčenje zgradbe. Pravimo, da stavba diha (slika 2a). Take reže, ki omogočajo raztezanje teles, so tudi med dvema tirnicama, med betonskima ploščama na cesti, med šipo in okenskim okvirom. Pri večjih mostovih leži nosilec cestišča na eni strani na valjih, da se lahko razteza in krči, na drugi strani pa je čvrsto vpet v temelje mostu. Plinovodi, toplovodi, naftovodi in cevi za centralno kurjavo imajo namesto rež zavoje (slika 2c).

Žica, ki jo poleti vpnejo med pokončna stebra (npr. ko postavljamo vrtno ograjo), se pozimi skrči in v njej se pojavi napetost, ki potegne stebra skupaj. Daljnovidne žice so poleti močno povešene, pozimi pa manj. Prav tragične bi bile posledice, če bi žice napenjali na nosilne stebre v vročem poletju.

- Najmanj kolikšno režo morajo pustiti gradbeniki med  $l = 100$  m dolgo betonsko ploščo mostu in temeljem mostu, če se most pozimi ohladi do  $-20$  °C, poleti pa segreje do  $90$  °C? Dolžinska razteznost betona je  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$  /K.

- $$\Delta T = 90 \text{ °C} - (-20 \text{ °C}) = 110 \text{ °C} = \underline{110 \text{ K}}$$

$$\Delta l = l \alpha \Delta T = 100 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} /\text{K} \cdot 110 \text{ K} = 0,132 \text{ m} = \underline{13 \text{ cm}}$$

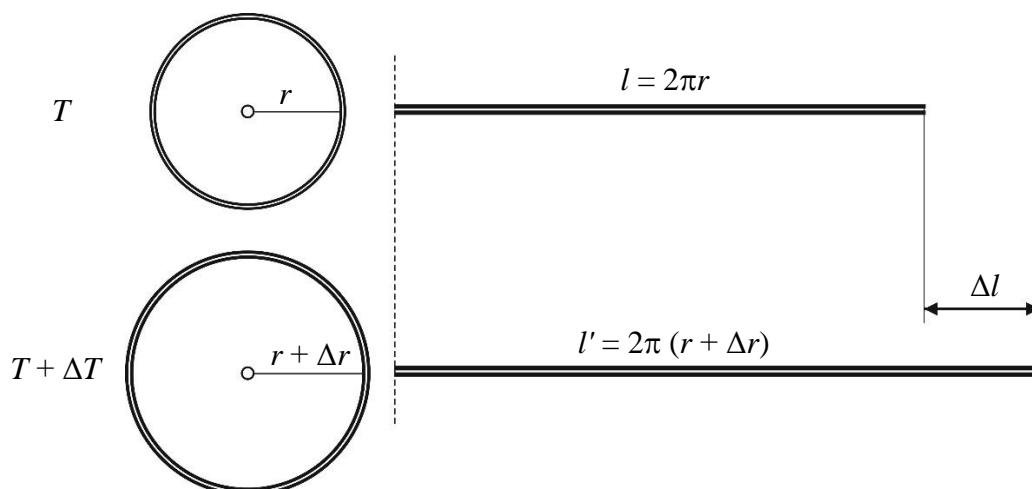
V sredini velike kovinske plošče naredimo okroglo luknjo. Kaj se zgodi s to luknjo, če ploščo enakomerno segrejemo? Se poveča ali zmanjša?

Večina mladih, ki se jim z odgovorom zelo mudi, reče: Luknja se zmanjša, saj se vendar kovinska plošča okoli nje razteza. Vendar če bi bilo to res, bi lahko luknja celo izginila, če bi ploščo dovolj segreli.

### Poskus

Aluminijasto ploščo v obliki kolobarja, na kateri so zapisani podatki v trdem disku v računalniku, vpnejo in z elektronskim kljunastim merilom izmerimo premer luknje ter zunanji premer kolobarja na stotinko milimetra natančno. Nato kolobar enakomerno segrejemo s plinskim gorilnikom in meritev ponovimo. Ugotovimo, da se pri segrevanju oba premera povečata. Poskus lahko povežemo s praktičnim primerom iz vsakdanjega življenja: kovinski pokrov kozarca za vlaganje lažje odpremo, če najprej pustimo po pokrovu teči vročo vodo.

Premer luknje se torej poveča; luknja se razteza, kot da bi sama bila iz kovine. Da je to res, ugotovimo, če pomislimo, da je plošča okrog nje pravzaprav sestavljena iz zelo tankih koncentričnih kolobarjev. Vsak tak kolobar si lahko predstavljamo kot žico, ki je zvita v krog. Pri segrevanju se bo dolžina vsake žice povečala, zato se bo povečal tudi premer luknje. (Zgodi se celo, da pokrov, ki pokriva luknjo v plošči, pade skozi, če ploščo segrejemo.)



Slika 3

Polmer obroča se pri segretju poveča, pri ohladitvi pa zmanjša. Mislimo, si da obroč s temperaturo  $T$  in polmerom  $r$  prerežemo in ga zravnamo. Dobimo trak, katerega dolžina  $l = 2\pi r$  je enaka začetnemu obsegu obroča (slika 3 zgoraj).

Če obroč segrejemo za  $\Delta T$ , se polmer obroča poveča na  $r + \Delta r$ , dolžina pa na  $l' = 2\pi(r + \Delta r)$  (slika 3 spodaj). Sprememba dolžine oz. obsega obroča je torej enaka:

$$\Delta l = l' - l = 2\pi(r + \Delta r) - 2\pi r = 2\pi\Delta r.$$

Za spremembo dolžine obroča velja enaka enačba kot za palico ali žico:  $\Delta l = l\alpha\Delta T$ . Vstavimo izraza za  $\Delta l$  in  $l$  ter po krajšanju z  $2\pi$  dobimo:

$$\Delta r = r\alpha\Delta T$$

Spremembo polmera izračunamo na enak način kakor spremembo dolžine. Ta zaključek velja tudi za polmer okrogle plošče, okrogle luknje, valja, okrogle cevi ter polne in votle krogle.

### 7.4.2 Prostorninsko termično raztezanje

Telesa se ne raztezajo samo v dolžino, temveč tudi prostorsko. O tem se lahko prepričamo s poskusom z obročem in kroglico. Obroč in kroglica sta iz iste kovine, kroglica pa mora biti tako velika, da jo brez težav spustimo skozi obroč, dokler je hladna. Nato kroglico segrejemo nad gorilnikom in jo poskusimo potisniti skozi obroč. Kroglica se je zaradi raztezanja povečala, zato obstane na obroču. Čez nekaj časa se ohladi in skrči ter pade skozi obroč.

Kaj se zgodi, če segrevamo kroglico in obroč hkrati? Vročo kroglico brez težav potisnemo skozi obroč, saj se tudi obroč razteza, kakor da bi bila njegova odprtina zapolnjena s snovjo.

Pri tekočinah, torej kapljevinah in plinih, ni smiselno govoriti o spremembi dolžine, temveč o **prostorninskem oz. volumskem raztezanju**. Spremembo prostornine snovi pri segrevanju in ohlajanju opišemo podobno kot spremembo dolžine. Če snov, ki ima na začetku temperaturo  $T$  in prostornino  $V$ , segrejemo (ali ohladimo) za  $\Delta T$ , se njena prostornina poveča (ali zmanjša) za  $\Delta V$ . Relativna sprememba prostornine  $\Delta V/V$  je premo sorazmerna s spremembo temperature  $\Delta T$ :

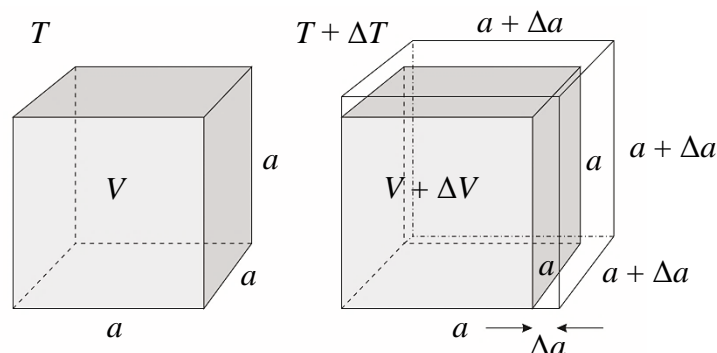
$$\frac{\Delta V}{V} = \beta \cdot \Delta T$$

Sorazmernostni faktor  $\beta$  ima enoto  $\text{K}^{-1} = 1/\text{K}$  in je *snovna konstanta* za posamezno snov. Imenujemo ga **prostorninska razteznost** ali *temperaturni koeficient prostorninskega razteзка*. Termično spreminjanje prostornine teles torej zapišemo z izrazom:

$$\Delta V = V\beta\Delta T \quad : \quad \text{enačba prostorninskega raztezanja}$$

Oglejmo si še *prostorninsko raztezanje trdnin*.

- Mislimo si telo v obliki kocke s stranico  $a$ , to je s prostornino  $V = a^3$  (slika 4 levo). Kocko segrejemo za  $\Delta T$ , zaradi česar se njena prostornina poveča za  $\Delta V = V\beta\Delta T$ :



Slika 4

Če se snov v vseh smereh enako močno razteza, se vsaka stranica kocke enako podaljša, za  $\Delta a$  (slika 4 desno), pri čemer velja  $\Delta a = a \alpha \Delta T$ , tako da je nov rob kocke enak:  $a' = a + \Delta a = a + a \alpha \Delta T = a (1 + \alpha \Delta T)$ .

Končno prostornino kocke  $V' = V + \Delta V$  zapišemo takole:

$$V + \Delta V = (a + \Delta a)^3 = a^3 (1 + \alpha \Delta T)^3 = a^3 [1 + 3\alpha \Delta T + 3\alpha^2 (\Delta T)^2 + 3\alpha^3 (\Delta T)^3]$$

Uporabili smo enačbo za kub dvočlenika:  $(x + y)^3 = x^3 + 3x^2y + 3xy^2 + y^3$ .

Ker je  $\alpha$  majhen, zadnja dva člena v oglatem oklepaju z  $\alpha^2$  in  $\alpha^3$  izpustimo, saj sta majhna v primerjavi s prvima dvema:

$$V + \Delta V \approx a^3 (1 + 3\alpha \Delta T) = a^3 + a^3 \cdot 3\alpha \Delta T$$

Upoštevamo, da je  $a^3 = V$  in dobimo  $V + \Delta V \approx V + V \cdot 3\alpha \Delta T$  in od tu  $\Delta V = V \cdot 3\alpha \Delta T$ . ■

Primerjava te enačbe z enačbo za prostorninsko raztezanje  $\Delta V = V\beta \Delta T$  nam kaže, da je za homogeno trdno snov:

$$\beta = 3\alpha \quad \text{: prostorninska razteznost trdne snovi}$$

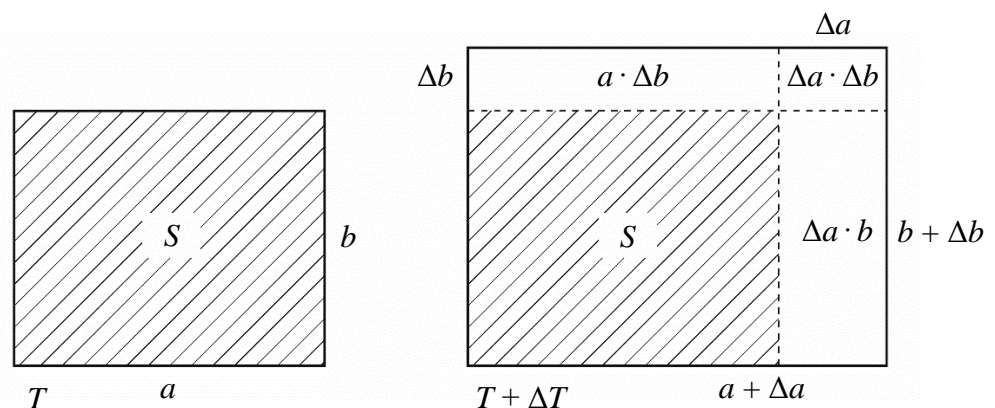
### Površinsko (ploskovno) termično raztezanje

Če se telesa z rastočo temperaturo raztezajo, se jim mora povečevati površina. Telo v obliki tanke pravokotne plošče se tako razteza predvsem v dveh dimenzijah (dolžino in širino); govorimo o **površinskem (ploskovnem) raztezanju**.

- Pri temperaturi  $T$  ima plošča površino (ploščino)  $S = ab$ . Ko jo segrejemo za  $\Delta T$ , se stranica  $a$  podaljša za  $\Delta a = a \alpha \Delta T$ , stranica  $b$  pa za  $\Delta b = b \alpha \Delta T$ . Površina plošče se pri tem poveča za  $\Delta S$ :

$$S + \Delta S = (a + \Delta a)(b + \Delta b) = ab + \Delta a \cdot b + a \cdot \Delta b + \Delta a \cdot \Delta b$$

$$\Delta S = \Delta a \cdot b + a \cdot \Delta b + \Delta a \cdot \Delta b$$



Slika 5

Pomen členov na desni strani enačbe je razviden s slike 5. Ker je  $\alpha$  majhen, sta majhna tudi raztezka  $\Delta a$  in  $\Delta b$ . Člen  $\Delta a \cdot \Delta b$ , ki je precej manjši od ostalih členov, zato lahko zanemarimo. Vstavimo izraza za  $\Delta a$  in  $\Delta b$ , pa dobimo:  $\Delta S = a \alpha \Delta T \cdot b + a \cdot b \alpha \Delta T = 2ab \alpha \Delta T$ . Upoštevamo  $ab = S$  in dobimo:

$$\Delta S = S \cdot 2\alpha \Delta T \quad \text{: enačba površinskega raztezanja} \quad \blacksquare$$

Pri tem se telo razpne navzven. Tudi luknja v plošči se relativno enako poveča kot plošča v celoti. Izraz smo izpeljali za pravokotno ploščo, velja pa za poljubno obliko plošče in majhne temperaturne spremembe.