

Atmosferski tlak in plastenka

↓↓↓

ALEŠ MOHORIČ

→ Prejšnji teden sem si po koncu smučanja privoščil plastenko vode in na višini 2664 m nazdravil vrhovom masiva Dachstein, kot kaže tokratna naravoslovna fotografija (levo). Prazno plastenko sem nato zatesnil. Med vračanjem sem na parkirišču, ki ima nadmorsko višino 1691 m, posnel še eno fotografijo (sredina). Zadnjo (desno) sem naredil v meglenem Schladmingu pri nadmorski višini 728 m. Nadmorsko višino lahko natančno določimo s satelitsko navigacijo, če pa ta ni na voljo, si lahko pomagamo s spletom. Koordinate krajev sem poiskal na Google maps, za dane koordinate pa nadmorsko višino na strani <http://www.mapcoordinates.net/en>.

Na sliki jasno vidimo, kako je plastenka stisnjena vse bolj, nižje kot smo. Zakaj? Na površju Zemlje se nahajamo na dnu tekočine, ozračja, ki na vsa telesa deluje z atmosferskim tlakom. V srednji šoli učimo, da na telesa potopljena v mirujočo tekočino deluje tlak, ki narašča z globino. Globina je razdalja od telesa do gladine tekočine. Običajno spreminjanje zračnega tlaka z višino zanemarimo, kadar imamo opravka z majhnimi spremembami, saj so gostote plinov približno tisočkrat manjše od gostote kapljevin. Če so spremembe nadmorske višine znatne, pojav brez težav opazimo. Z natančnimi merilniki ga opazimo tudi pri manjših višinskih razlikah. Tlak ozračja se spreminja z vremenom. Kot standardni tlak na morski gladini upoštevamo $p_0 = 101325 \text{ Pa}$. Ta tlak pomeni, da vsak kvadratni meter vodoravnega površja nosi težo zračnega stolpca, ki ustreza masi zraka 10 ton. Za gravitacijski pospešek vzamemo $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$. Gostota zraka na morski

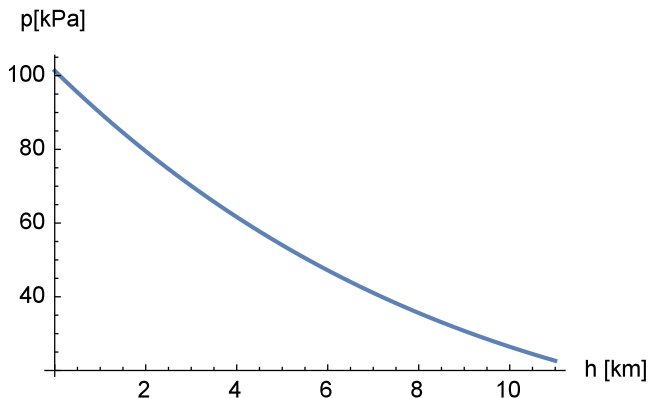


SLIKA 1. Plastenka, neprodušno zaprta na visoki nadmorski višini (levo), se skrči zaradi zračnega tlaka (sredina, desno), ko se spustimo nižje.

gladini je $1,2 \text{ kg/m}^3$, kar bi pomenilo višino zračnega stolpca $H = 8,6 \text{ km}$, če bi bila gostota zraka na vseh višinah enaka. Ta približek upravičeno naredimo pri kapljevinah, ki so skoraj nestisljive. Gostota zraka z višino pada. To nam pove plinska enačba $\rho = \frac{pM}{RT}$. Kilomolska masa suhega zraka je $M = 28,9644 \text{ kg/kmol}$ in $R = 8314,47 \text{ J/kmol/K}$ je splošna plinska konstanta. Z višino se spreminjata tako tlak kot temperatura, dodatno pa opis zapletejo tudi vlaga v zraku, gibanje zračnih mas in svetlobno sevanje. V prvem približku se tlak zmanjša po 100-metrskem dvigu za 1,2 kPa. Boljši približek dobimo, če spreminjanje tlaka z višino opišemo z eksponentno funkcijo. Še bolj natančna obravnava da izraz

$$p = p_0 \left(1 - \frac{Lh}{T_0} \right)^{\frac{gM}{RL}}$$

kjer je $L = 0,0065 \text{ K/m}$ temperaturni višinski gradient in $T_0 = 288,15 \text{ K}$ standardna temperatura na morsk gladini. Odvisnost tlaka od nadmorske višine kaže slika 2.



SLIKA 2.
Spreminjanje tlaka z nadmorsko višino

Upoštevajmo barometrično enačbo ter izračunajmo kvocient tlaka na koncu poti in tlaka na vrhu smučišča in dobimo 1,27. To pomeni, da je tlak v dolini dobro četrtnino višji kot na gori. Ustrezno temu se zmanjša prostornina plastenke. Premislite, kako bi izmerili prostornino plastenke. Ali na zmanjšanje prostornine vpliva še kaj drugega kot zunanji zračni tlak?

Barometrična enačba

Enačbo izpeljemo iz enačbe idealnega plina $p = \frac{\rho RT}{M}$. Upoštevamo še izraz za spreminjanje hidrostaticnega tlaka: $dp = -\rho g dh$. h pomeni nadmorsko višino in ne, kot običajno, globino. Zato v izrazu stoji spredaj minus. Izraza delimo med seboj in ostane $\frac{dp}{p} = -\frac{Mgdh}{RT}$, ki ga lahko integriramo od nadmorske višine $h = 0$, kjer je tlak enak p_0 , do poljubne višine h . Dobimo barometrično enačbo

$$p = p_0 e^{h \frac{Mgd}{RT}}$$

Izraz lahko izračunamo, če poznamo višinsko odvisnost temperature. V izotermni atmosferi, če zanemarimo spreminjanje gravitacijskega pospeška z višino, dobimo eksponentno padanje tlaka z višino

$$p = p_0 e^{-Mgh/R/T}$$

Temperaturni višinski gradient

Gradient opiše spreminjanje temperature z višino. Za suh zrak lahko v adiabatnem približku, ko se med zračnimi plastmi ne izmenjuje toplota, zapišemo enačbo stanja plina $p dV = -V dp / \kappa$. Energijski zakon se glasi: $mc_v dT + p dV = 0$. Iz prve enačbe vstavimo $p dV$ v drugo in ostane zveza $c_p dT - V dp / m = 0$. Upoštevamo še $dp = -\rho g dh$ in dobimo

$$L = -\frac{dT}{dh} = \frac{g}{c_p} = 9,8^\circ\text{C/km}$$

Ker je zrak vlažen, je povprečna vrednost manjša, $6,5^\circ\text{C/km}$.

× × ×

www.presek.si

www.dmfa-zaloznistvo.si