

7.3 TEMPERATURA

Na mizo postavimo likalnik in njegov vtikač potisnemo v vtičnico. Z likalnikom se na videz nič ne dogaja, čeprav vrtenje električnega števca na hodniku kaže, da likalnik prejema (troši) električno energijo (delo). Če se likalnika dotaknemo s prstom, ugotovimo, da se z njim vseeno “nekaj dogaja”. Likalnik, ki je bil na začetku **hladen**, tako da smo ga lahko držali z roko, postaja vedno bolj **topel**, že kmalu pa tako **vroč**, da ga ne moremo več prijeti. Pravimo, da se je likalnik **segrel**. **Mehansko stanje** likalnika se pri tem ni spremenilo. Likalnik še vedno miruje ($W_k = 0$) na istem mestu ($W_p = \text{konst.}$) kot na začetku. Spremenilo pa se je njegovo **termično stanje**. Za fizikalen opis termičnega stanja pojmi *mrzlo*, *hladno*, *mlačno*, *toplo* in *vroče*, s katerimi ljudje izražamo svoje občutke, seveda ne zadoščajo. Termičnega stanja tudi ne moremo opisati z mehanskimi količinami, kot so masa, prostornina, hitrost, pospešek, sila itd. Za opis termičnega stanja moramo vpeljati posebno fizikalno količino, ki jo imenujemo **temperatura** (oznaka T). Temperatura je (poleg dolžine, mase in časa¹) **osnovna fizikalna količina**, njena enota **kelvin** (simbol **K**) pa **osnovna enota**.

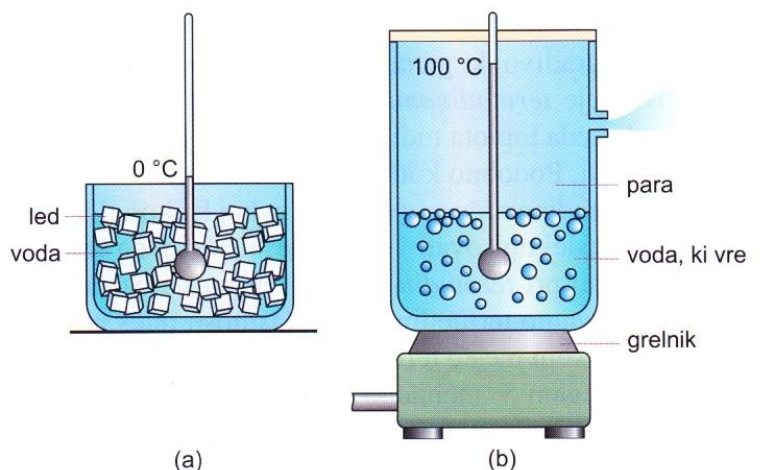
Za opis in obravnavanje toplotnih pojavov samo temperatura ne zadošča. Uporabiti moramo še *prostornino* in *tlak*, ki ju že poznamo iz mehanike. Temperaturo, prostornino in tlak imenujemo **termodinamične količine**. Enačbi, ki povezuje termodinamične količine, pravimo **enačba stanja**.

Vrnimo se k našemu likalniku. Likalnik je iz omrežja prejel *električno energijo*. Zaradi tega se je likalnik segrel; njegova temperatura se je povečala. Kam pa je šla prejeta električna energija? Ker je energija neuničljiva, se je morala na račun prejete električne energije povečati neka druga oblika energije. To energijo, ki je shranjena “znotraj snovi”, imenujemo **notranja energija snovi** (oznaka W_n). **Notranja energija snovi je energija, ki jo ima telo zaradi svojega (termičnega) stanja**. Notranja energija, ki nas pri mehaniki ni zanimala, ima pri toplotnih pojavih zelo pomembno vlogo.

Temperaturne lestvice

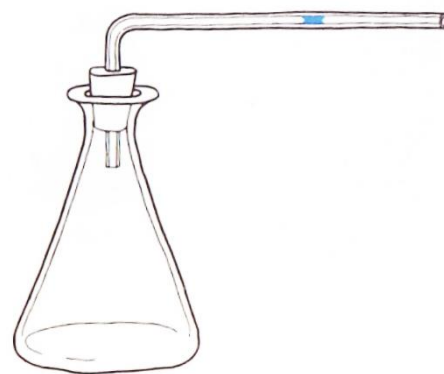
Temperaturo merimo s **termometri** (glejte poglavje 7.4.4 Termometrija). Temperaturo izražamo z večimi **temperaturnimi lestvicami** (skalami). V vsakdanjem življenju se uporablja **Celzijeva temperaturna lestvica**, ki jo je leta 1742 utemeljil švedski astronom Anders Celsius. Po dogovoru je na tej lestvici pri normalnem zračnem tlaku temperatura *tališča ledu* $0\text{ }^\circ\text{C}$, *nič stopinj Celzija*, temperatura *vrelišča vode* pa $100\text{ }^\circ\text{C}$. Pogosto so **Celzijevo temperaturo** merili z **živosrebrnim termometrom**. V stekleno bučko s cevko z enakomernim presekom, ki so jo izsesali, da je v njej preostalo kolikor mogoče malo zraka, so dali toliko živega srebra, da je pri določeni temperaturi izpolnilo vso bučko in cevko. Nato so cevko zatalili. Gladina živega srebra v navpično postavljeni cevki se je znižala, ko so termometer potopili v mešanico ledu in vode pri navadnem zračnem tlaku in pri gladini živega srebra v cevki narisali črtico za $0\text{ }^\circ\text{C}$ (slika 1a). Nato so termometer dali v vrelo vodo pri navadnem zračnem tlaku ter pri gladini živega srebra v cevki narisali črtico za $100\text{ }^\circ\text{C}$ (slika 1b). Pri tem so izkoristili odvisnost prostornine živega srebra od temperature. Temperaturni interval med tališčem in vreliščem je razdeljen na 100 delov. En tak del je merska enota, ki jo imenujemo **stopinja Celzija** (oznaka $^\circ\text{C}$). Celzijeva temperatura je lahko *pozitivna* ali *negativna*. Temperature, ki so nižje od tališča ledu (*ledišča vode*), so negativne. To je za vsakdanjo rabo dokaj koristno, saj zimske razmere, ko ceste ledenijo, zahtevajo posebno pozornost, kar je z negativnimi temperaturami posebej poudarjeno.

Slika 1: Živosrebrni termometer umerimo pri tališču ledu (a) in pri vrelišču vode (b) pri navadnem zračnem tlaku.

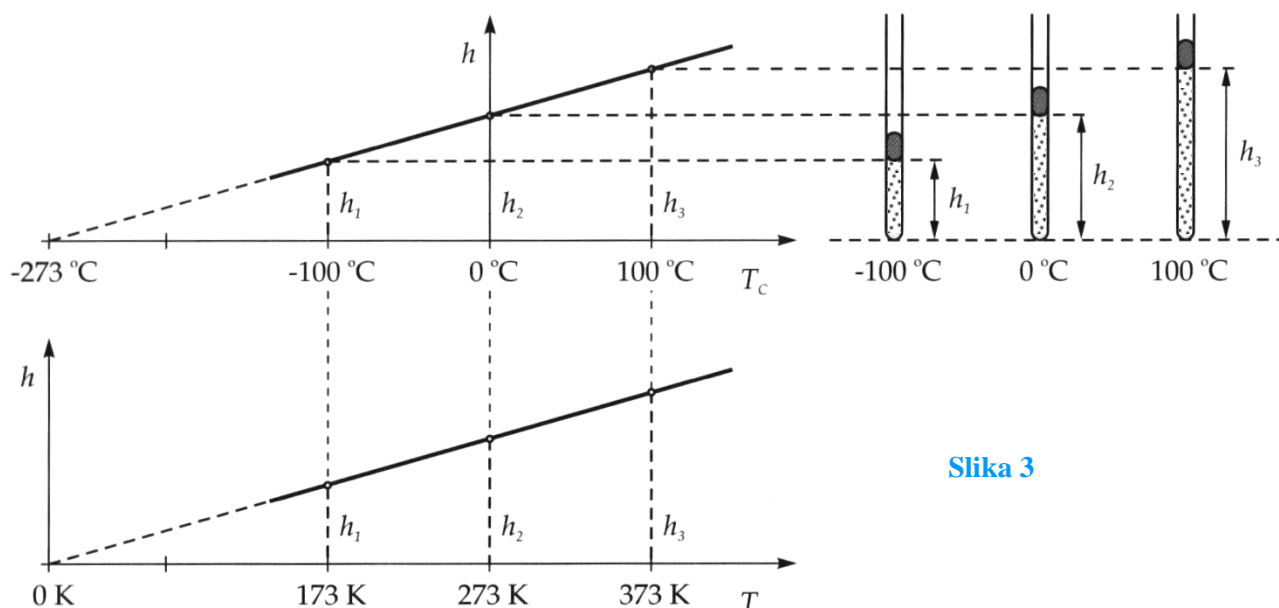


¹ Med osnovne enote SI sodijo tudi amper, mol in kandela.

V fiziki in nasploh v znanosti uporabljamo temperaturno lestvico, ki je definirana na osnovi **plinskega termometra**. Preprost plinski termometer ima stekleno cevko (kapilaro) s konstantnim notranjim presekom S , ki je spodaj zatačljiva. V cevki je plin (na sliki 3 je označen s pikicami), ki ga od okolišnega zraka loči živosrebrna kaplja. Preprost model plinskega termometra prikazuje desna slika. Prostornina plina v cevki je $V = Sh$, kjer je h višina plinskega stolpca, merjena od dna cevke. Višina plinskega stolpca je odvisna od temperature. Če se temperatura plina zniža, se prostornina plina zmanjša (ker se plin med ohlajanjem krči); zato se zmanjša tudi višina plinskega stolpca. Če plin segrejemo, se višina plinskega stolpca poveča (ker se plin med segrevanjem razteza).



Slika 2: Model plinskega termometra



Slika 3

Vzemimo, da izmerimo višine plinskega stolpca pri treh različnih temperaturah in narišemo graf, ki ponazarja višino plinskega stolpca v odvisnosti od Celzijeve temperature (zgornji graf na sliki 3). V grafu dobimo tri točke, ki *ležijo na isti premici*. Podaljšek premice seka abscisno os pri temperaturi -273 °C , natančneje pri $-273,15\text{ °C}$. Do enake ugotovitve bi prišli, če bi zamenjali plin v cevki ali če bi poskus ponovili z večjo oz. manjšo maso plina. Premica na grafu bi bila pri enaki živosrebrni kaplji bolj oz. manj strma, njen podaljšek pa bi sekal abscisno os prav tako pri $-273,15\text{ °C}$. Ker bi bila pri tej temperaturi prostornina plina enaka nič (ker je $h = 0$), domnevamo, da *v naravi ta in nižje temperature niso možne*. Mnoge raziskave našo domnevo potrjujejo. Zato temperaturo $-273,15\text{ °C}$ imenujemo **absolutna ničla**.

Omenimo, da nobene snovi ni mogoče ohladiti do absolutne ničle. *Absolutni ničli se lahko poljubno približamo, ne moremo pa je povsem doseči* (trditev je znana kot *tretji zakon termodinamike*). S posebnimi postopki (navadni hladilni stroji za ohlajevanje do tako nizkih temperatur niso primerni) so bile dosežene temperature, ki se od absolutne ničle razlikujejo za manj kot milijardinko stopinje Celzija (trenutni rekord drži Tehnološki inštitut Univerze v Helsinkih, 1999).

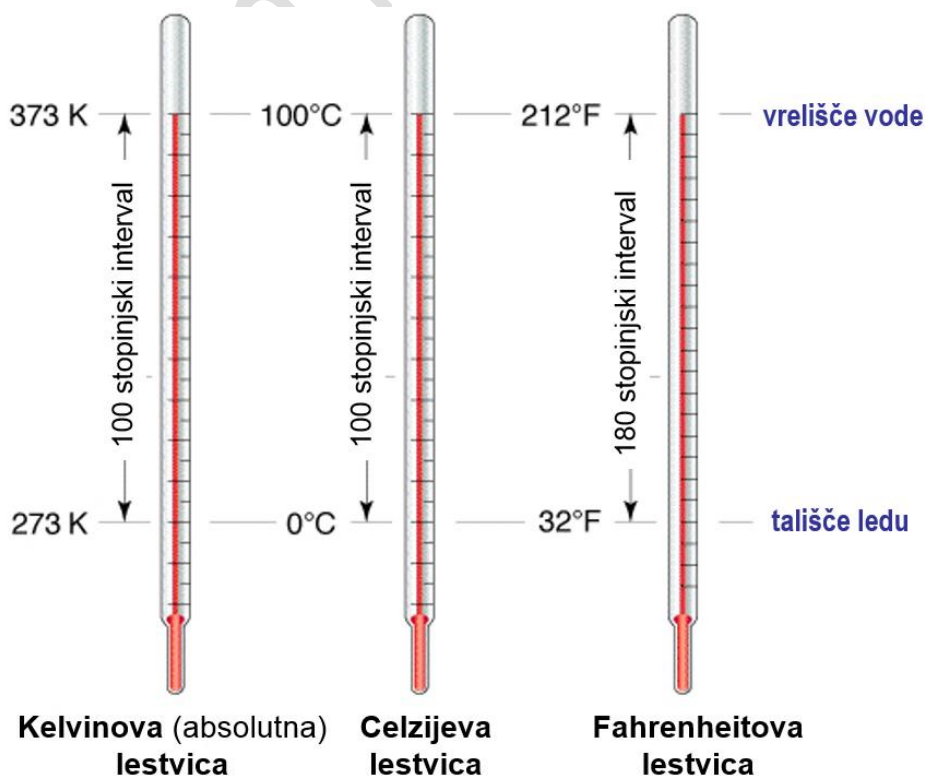
Iz narisane grafa sledi, da je zveza med prostornino in temperaturo plina linearna, ali drugače, prostornina plina je premo sorazmerna s temperaturo. Matematični zapis te zakonitosti se precej poenostavi, če temperaturno lestvico izberemo tako, da je njen začetek (ničla) pri absolutni ničli. Izberemo tudi novo enoto, in sicer tako, da meri razlika vrelišča in ledišča vode pri navadnem tlaku 100 novih enot, kot je merila v Celzijevi lestvici 100 °C (glejte spodnji graf na sliki 3). Novo enoto imenujemo **kelvin** (simbol **K**) na čast britanskemu fiziku in inženirju Williamu Thomsonu, lordu Kelvinu, ki je leta 1848 prvi zaslužil pomen nove temperaturne lestvice. Temperatura, izražena s Kelvinovo temperaturno lestvico, je lahko le *pozitivna*. Zato jo imenujemo tudi **absolutna temperatura**, lestvico pa **absolutna temperaturna lestvica**.

Absolutni ničli priredimo absolutno temperaturo 0 K in (zaokroženo na cele kelvine) ledišču vode 273 K ter vrelišču vode 373 K. *Absolutno temperaturo dobimo, če merskemu številu temperature, izražene v stopinjah Celzija, prištejemo število 273.*

V fiziki vstavimo v enačbe vselej absolutno temperaturo, zato pridevnik absolutna pogosto spustimo. Celzijeve temperature v splošnem v enačbe ne smemo vstaviti. Po predpisih mednarodnega sistema enot SI je Celzijevo temperaturo dovoljeno uporabiti le pri navajanju temperature v vsakdanjem življenju. Ker je temperaturni interval med tališčem in vreliščem vode razdeljen na 100 delov na obeh lestvicah (*kelvin je enako dolg kot stopinja Celzija*), **ima razlika dveh temperatur enako mersko število, ne glede na to, v katerih enotah navajamo temperaturo.** V računih torej lahko uporabimo Celzijevo temperaturo kvečjemu, kadar gre za temperaturne razlike. O tem se prepričamo na spodnjem zgledu:

Vodo v loncu segrejemo od temperature 12 °C na temperaturo 43 °C. Začetna absolutna temperatura vode je $T_{zač} = (12 + 273) \text{ K} = \underline{285 \text{ K}}$, končna absolutna temperatura pa $T_{kon} = (43 + 273) \text{ K} = \underline{316 \text{ K}}$. Temperaturna razlika je enaka razliki med končno in začetno temperaturo: $\Delta T = T_{kon} - T_{zač}$. Če računamo s Celzijevo temperaturo, dobimo $\Delta T = 43 \text{ °C} - 12 \text{ °C} = \underline{31 \text{ °C}}$. Če računamo z absolutno temperaturo, pa dobimo $\Delta T = 316 \text{ K} - 285 \text{ K} = \underline{31 \text{ K}}$. Mersko število temperaturne razlike (31) je torej enako, ne glede na to, ali temperaturo merimo v stopinjah Celzija ali kelvinih.

V ZDA, kjer je v veljavi anglosaški merski sistem z imperialnimi enotami, temperaturo merijo z lestvico, ki jo je leta 1724 predlagal nemški fizik Daniel Gabriel Fahrenheit; po njem se imenujeta tako lestvica kot tudi enota, *stopinja Fahrenheita* (°F). V tej lestvici je ledišče vode pri 32 °F, vrelišče pa pri 212 °F. Temperaturnemu intervalu 100 °C torej ustreza 180 °F, kar pomeni, da je stopinja Fahrenheita krajša od Celzijeve oz. kelvina (za medsebojno primerjavo vseh treh lestvic glejte sliko 4). Za pretvarjanje temperature v Fahrenheiteve ali v Celzijeve stopinje uporabimo enačbo: $T(\text{°C}) = \frac{5}{9}(T(\text{°F}) - 32)$. Za približno hitro preračunavanje privzamemo, da je $\frac{5}{9} \approx \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$, zato najprej odštejemo 32, nato pa dobljeno vrednost prepolovimo. Temperaturi 50 °F v San Franciscu tako ustreza temperatura $T(\text{°C}) = \frac{5}{9} \cdot (50 - 32) \text{ °C} = \frac{5}{9} \cdot 18 \text{ °C} = 10 \text{ °C}$ oziroma, s približnim računanjem, 9 °C.



Slika 4: Medsebojna primerjava različnih temperaturnih lestvic