

**Čo je teplo a teplota?**

Všetci s tým máme skúsenosť: ak objekt zahrievame (pridávame teplo), tak zvyšujeme jeho teplotu. Vďaka takejto priamej súvislosti medzi teplom a teplotou si tieto dva pojmy často zamieňame a nerozlišujeme medzi nimi. Tak trochu je to spôsobené aj slovenčinou, v ktorej teplo bežne znamená opak zimy, resp. chladu. V predpovedi počasia sa sústredíme na zajtrajšiu teplotu, ale máme pritom na mysli otázku, či bude teplo, alebo zima. Možno by bolo správnejšie vo fyzike používať slovo "hriatie", avšak nechceme meniť zaužívané názvoslovie, a preto budeme ďalej hovoriť o teple a teplote.

Teplota je vlastnosť, ktorá číselne vyjadruje, čo je teplé a studené. Objekt s väčšou teplotou je "teplejší". Vo fyzike teplotu definujeme pomocou priemernej pohybovej energie častíc  $E$ , z ktorých sa objekt skladá. Teplota je určená vzťahom  $E=mv^2/2=3/2kT$ , kde  $v$  je priemerná rýchlosť častíc,  $m$  je hmotnosť častice,  $k=1,38 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1}$  je Boltzmanova konštanta a  $T$  je teplota meraná v stupňoch Kelvina. Ak sa stretnú dva systémy (dve telesá) s rôznymi teplotami, tak sa postupne v dôsledku zrážok medzi molekulami (atómami) ich teploty navzájom vyrovnajú a ustália sa na nejakej novej hodnote (nulťá veta termodynamická). Pri tomto procese prichádza k výmene energie medzi telesami, ktorú nazývame tepelná energia, alebo *teplo*. Jedno teleso sa ochladí (zníži svoju teplotu), kým druhé sa zahreje (zvýši svoju teplotu). Ako to však, že keď sa dotkneme kľučky na dverách a dvier samotných, tak kľučka sa nám javí byť studenšia? Kľučka aj dviere majú predsa teplotu rovnakú. Alebo napríklad prečo pri varení miešame radšej drevenou varechou a nie kovovou? Odpoveď je skrytá v pochopení vzájomného vzťahu, ale aj rozdielu medzi pojmi teplo a teplota.

Čím je teplota vyššia, tým väčšia je aj pohybová energia častíc, t.j. častice sa hýbu rýchlejšie. Naopak, čím je teplota nižšia, tým sú častice pomalšie a pomalšie. Existuje istá prirodzená hranica znižovania teploty, pri ktorej sú všetky častice v pokoji a nevykonávajú žiadny pohyb. Doslova sú zamrznuté. Tento bod sa nazýva absolútna nula a na jeho existencii je založená tzv. *Kelvinova stupnica* merania teploty. My sme skôr zvyknutí na *Celziovu stupnicu*, ktorá je definovaná pomocou teploty, pri ktorej zamrzá voda ( $0^\circ\text{C}$ ) a teploty, pro ktorej sa voda začne variť ( $100^\circ\text{C}$ ). Prepis medzi týmito dvoma stupnicami je jednoduchý,  $\text{kelvin} = \text{celsius} + 273,15$ . Teplota absolútnej nuly (najnižšia možná teplota) nastáva pri  $-273,15^\circ\text{C}$ . Okrem týchto dvoch stupníc existuje ešte niekoľko ďalších. V anglicky hovoriacich krajinách je pomerne rozšírená *Faradayova stupnica*, pre ktorú  $\text{faraday} = (32+9/5 \times \text{celsius})$ . Var vody nastáva pri  $212^\circ\text{F}$  a voda zamrzá pri  $32^\circ\text{F}$ . S fyzikálnymi jednotkami pre teplo je to jednoduché. Ide o energiu a preto teplo meriame v jednotkách energie, ako napríklad *Joule*, alebo *kalória*.

Súvis medzi teplom a teplotou je popísaný tzv. *kalorimetrickou rovnicou*, ktorá nám hovorí, že *prijaté teplo = konštanta x zmena teploty*, alebo skrátene  $Q=C(T_k-T_0)$ . Konštanta úmernosti  $C$  sa nazýva *tepelná kapacita* a závisí na type materiálu telesa (železo, drevo, voda, atď.) a na jeho hmotnosti. Inými slovami to znamená, že ak máme horúcu vodu, tak konečná teplota  $T_k$  bude závisieť od toho, či do vody ponoríme

striebornú, alebo drevenú lyžičku. Toto samozrejme platí iba za podmienky, že celý experiment je izolovaný od okolia v tzv. *kalimetri*, čo v normálnej reči znamená v termoske, a predpokladáme, že lyžičky majú rovnakú počiatočnú teplotu  $T_0$ . Kolorimetrická rovnica nám hovorí, ako zmena teploty súvisí s teplom. Nič však nehovorí o tom, akým spôsobom sa toto teplo medzi telesami presúva, resp. ako rýchlo je teplo telesom prijímané. Jeden z najdôležitejších fyzikálnych zákonov (tzv. druhá veta termodynamická) nám hovorí, že energia sa vždy presúva iba z teplejšieho telesa na chladnejšie, a nikdy nie naopak. Tento presun energie sa deje tromi rôznymi spôsobmi: 1) vedením, 2) prúdením, 3) žiarením. A práve vo vlastnostiach tepelného prenosu je skrytá odpoveď na otázku, prečo telesá s rovnakou teplotou vyvolávajú rôzne pocity chladu a tepla. Teleso okrem tepelnej kapacity charakterizuje ešte schopnosť viesť teplo, t.j. *tepelná vodivosť*. Pri dotyku našej ruky s chladnejším materiálom začne teleso odvádzať z našej ruky tepelnú energiu, čo vyvoláva pocit chladu v ruke.

Kľučka, narozdiel od dreva, má lepšiu tepelnú vodivosť, odvádza z našej ruky teplo rýchlejšie, a preto sa nám zdá byť chladnejšia, napriek tomu, že teplota kľučky a dverí je rovnaká. Napríklad oceľ je veľmi dobrým vodičom tepla a drevo zlým. Preto je lepšie pri varení používať drevenú varechu. Iný príklad z kuchyne: rozpáleného plechu v rúre sa nikto z nás radšej nedotkne, ale nevádi nám strčiť ruku do rozhriateho vzduchu v tej istej rúre. Teplota plechu a vzduchu je pritom rovnaká. Dôvod je jednoduchý. Vzduch, narozdiel od plechu, nie je veľmi dobrým vodičom tepla. Plech by nám takmer okamžite venoval toľko tepla, koľko by naša koža bez následkov nezniesla. Podobne teploty niečo pod  $0^\circ\text{C}$  naša ruka znáša pomerne dobre, ale kov s takouto teplotou dlho v rukách neudržíme.

V tuhých látkach (oceľ, drevo, sklo, atď) sú molekuly, resp. atómy viacmenej pevne viazané na nejakú pozíciu a ich teplota sa prejavuje hlavne ich vibrovaním okolo tejto polohy. Tepelná energia sa prenáša postupne medzi susediacimi atómami a hovoríme o prenose vedením. Tento prenos býva sprostredkovaný fonónmi (akési efektívne častice prenášajúce aj zvuk), alebo aj elektrónmi (ak ide o vodivé materiály). Častice plynov a kvapalín nie sú nejak pevne viazané a viacmenej sa pohybujú voľne. Preto ak vytvoríme teplotný rozdiel, tak budeme pozorovať pohyb častíc (prúd) smerom od teplejšieho na studenšie miesto, t.j. prúdenie, ktoré prenáša tepelnú energiu. V konečnom dôsledku je hmota zložená z kladne a záporne nabitých častíc, ktoré pri zrýchlenom pohybe vyžarujú energiu vo forme elektromagnetického žiarenia. Vyššia teplota znamená vyšší pohyb a teda aj vyžarovanie je intenzívnejšie. Týmto spôsobom sa teplo dokáže šíriť aj vo vákuu, takto cítime teplo ohňa a týmto spôsobom napríklad aj Slnko zahrieva Zem.

MÁRIO ZIMAN