

Čo sa deje pri teplote absolútnej nuly?

Aby sme pochopili prečo nemôžeme telesá chladit donekonečna, tak si musíme čo to povedať o tom, čo to tá teplota vlastne je. Pokúsime sa vysvetliť, akými spôsobmi ľudia prišli na to, že v prírode existuje akési ohraničenie na teplotu a povieme si, čo by sa s nami dialo, kebyže dosiahneme teplotu absolútnej nuly. Každý z nás pojem teplota celkom bežne používa, ale napriek tomu asi nie každý vie povedať, čo to vlastne znamená, že teplota nášho tela je 37 stupňov Celzia, t.j. čo to tá teplota vlastne je. Avšak skôr ako to prezradíme, povieme si niečo o histórii absolútnej nuly.

Počiatkom 18.storočia (v roku 1702) francúz Guillaume Amontons skúmal vzťah medzi tlakom a teplotou plynu. Pomocou nie veľmi presných meracích zariadení zistil, že tlak aj teplota plynu stúpajú, alebo klesajú súčasne. Na základe týchto pozorovaní Guillaume Amontons špekuloval o takom bode, v ktorom plyn nemá žiaden tlak a aj jeho teplota je nulová. Serióznejší základ týmto dohadom položil až takmer o 150 rokov neskôr sir William Thomson (známejší pod menom lord Kelvin). V roku 1848 zaviedol tzv. Kelvinovu stupnicu slúžiacu na meranie teploty, ktorej počiatok označovaný nulou zodpovedá teplote, ktorá už nemôže byť znížená. Inými slovami, telesu s takouto teplotou nemôže byť odobraté už žiadne teplo, t.j. nemožno ho viac ochladiť.

Lord Kelvin oprel svoje tvrdenia o pozorovania ďalšieho francúzskeho fyzika Jacques-Alexandre-Césara Charlesa, ktorý zistil, že objem plynu sa chladením znižuje. Ak znížime teplotu plynu o jeden stupeň Celzia, tak objem sa zmenší o 1/273. Tento Charlesov zákon ale znamená, že pri teplote -273 stupňov Celzia, by mal byť objem plynu nulový. Akékoľvek ďalšie zníženie teploty by znamenalo mať plyn so záporným objemom, čo je nemysliteľné. Preto, ak tento zákon platí aj pri nízkych teplotách, tak nutne existuje akási najnižšia možná teplota, t.j. teplota absolútnej nuly. Tento bod samozrejme vzbudil veľký záujem fyzikov, pretože je v istom zmysle mystický a nebolo vôbec jasné, čo sa vlastne v tomto bode (pri teplote absolútnej nuly) s telesom deje.

Zo školy tieto vzťahy poznáme ako špeciálne prípady tzv. stavovej rovnice ideálneho plynu, ktorá nám hovorí, že nech robíme s plynom čokoľvek, tak výraz $(tlak \times objem)/teplota = pV/T$ zostáva konštantný. Preto ak znižujeme teplotu, tak nám súčasne klesá aj objem a tlak. Ak tlak zafixujeme, tak dostávame Charlesov zákon $V=kT$, kde k je nejaké nenulové číslo. Ak T položíme

rovné nule, tak potom nutne aj objem bude nulový. Nepovedali sme nič nové, iba sme ukázali matematické formulky, ktoré stáli za objavom existencie teploty absolútnej nuly, ako najnižšej novej teploty, ktorú budeme kedy vedieť dosiahnuť. Hned treba povedať, že k tejto teplote sme skutočne už veľmi blízko (na úrovni stoviek pikoKelvinov, presne 0,000000000028 K na Technickej univerzite v Helsinkách).

Čo vlastne teplota popisuje? Ide o číslo, ktoré charakterizuje priemernú energiu jednotlivých molekúl vzduchu, t.j. čím je teplota vyššia, tým sa v priemere molekuly pohybujú rýchlejšie. Pozor však, neznamená to, že človek pohybujúci sa v aute rýchlosťou 100 km/h má väčšiu teplotu ako človek, ktorý stojí. Dôležitou vlastnosťou teploty je, že charakterizuje energiu neusporiadaného pohybu molekúl, ktorú inak nazývame aj teplom. Teplota absolútnej nuly nastáva, ak všetky molekuly sú v úplnom pokoji a nevykonávajú žiaden neusporiadaný pohyb. Môžeme povedať, že absolútna nula je stav absolútneho pokoja na molekulárnej a atomárnej úrovni. Čo by sa teda s nami dialo pri takejto teplote? Odpoveď je jednoduchá: vôbec nič. Pomocou tejto predstavy o teplote, ako o vyjadrení neusporiadaného pohybu častíc, sa už existencia teploty absolútnej nuly nezdá taká mystická. Skôr naopak, je celkom logickým dôsledkom nášho chápania mikrosвета.

Predsa len však táto predstava nie je tak úplne presná a na úrovni nízkych teplôt nie je presná definícia teploty, ako aj jej meranie, bez problémov. Dôvod sa volá kvantová fyzika, ktorá je podľa všetkého tou správnu teóriou mikrosвета, t.j. sveta atómov a molekúl. Jedno z jej základných pravidiel, Heisenbergov vzťah neurčitosti, nám hovorí, že žiadna častica nemôže mať súčasne presne určenú polohu a aj presne určenú rýchlosť. To znamená, že ak vieme, že je molekula v pokoji (bez pohybu), tak nutne má nenulovú rýchlosť, t.j. sa pohybuje. Ak si to zhrnieme, tak sme vlastne povedali, že častica bez pohybu (absolútna nula), sa pohybuje. Aby sme boli úplne presní, tak podľa kvantovej fyziky ak sa molekula nachádza s určitosťou na istom mieste, tak nemôžeme povedať prakticky nič o jej rýchlosti, resp. určite nie je jej rýchlosť nulová. Tento zdanlivý paradox riešime tak, že v kvantovej fyzike nehovoríme o absolútnom pokoji, ale teplotu absolútnej nuly spájame s tzv. základným, t.j. najmenej energetickým stavom systému. Absolútny pokoj je samozrejme ideálny stav s najnižšou možnou energiou, ktorého existenciu ale kvantová fyzika nepripúšťa. Preto namiesto absolútneho pokoja hovoríme o akomsi pokoji

relatívnom, t.j. týkajúceho sa daného objektu (plyn, kryštál,...), ktorý popisujeme.

Fyzika v okolí absolútnej nuly, resp. pri nízkych teplotách, je nesmierne zaujímavá. Hmota pri tejto teplote nadobúda veľmi zaujímavé a nevšedné vlastnosti: stráca sa elektrický odpor (supravodiče), stráca sa viskozita (supratekutosť), vzniká nová forma hmoty, tzv. Bose-Einsteinov kondenzát, atd. O dôležitosti fyzikálneho výskumu nízkych teplôt svedčí aj ten fakt, že v posledných

10 rokoch boli 4 Nobelove ceny (v rokoch 1996, 1997, 2001, 2003) udelené za výskum súvisiaci so spomínanými vlastnosťami. Na Zemi našťastie nemáme dočinenia s extrémne nízkymi teplotami, avšak väčšina okolitého vesmíru je skutočne veľmi chladným miestom. Najnižšia teplota v prírode je práve teplota niektorých medzigalaktických plynov, ktorá je rovná teplote kozmického reliktového žiarenia s hodnotou 2,73 K. Ešte nižšie teploty sa vyskytujú už iba v našich laboratóriách.

MARIO ZIMAN