

## Van-e abszolút nullafok?

(Megjegyzések Kirschner István cikkéhez<sup>1</sup>)

Az idézett cikk a címben feltett kérdésre igenlő választ ad. Ez a válasz helyes abban az értelemben, hogy az ún. abszolút nullapont a termodinamikai anyagi rendszerek egy határozott állapota, amelyet — ha úgy tetszik — egy hőmérsékleti skála nullafokának nevezhetünk. Mindazonáltal a cikk túlságosan egyszerűsítve tárgyalja e kérdést, túlságosan „abszolutizálja” a Kelvin-féle abszolút nullafokot, ill. abszolút hőmérsékletet, noha ezek valójában nem tarthatnak igényt az „abszolút” jelzőre.

1. Nem érthetek egyet a cikk azon állításával (id. cikk 1104. o.), hogy „Létezik viszont egy olyan hőmérsékleti skála, amely mellőz minden szubjektívizmust, kizárólag a fizikai tényekhez kötött, és egyáltalán nem önkényes vagy mesterkélts. Ez az ún. abszolút hőmérsékleti skála, amelyet Kelvinről neveztek el (jele: °K). Ennek kiindulópontja a már említett abszolút nullafok, léptéke pedig megegyezik a Celsius-skáláéval”. A Kelvin-féle hőmérsékleti skála ún. bizonyos mértékig szintén önkényes, az általános termodinamikai hőmérsékleti skála egyik lehetséges kifejezése, amely elvileg egyenértékű más lehetséges hőmérsékleti skálákkal.

A termodinamikai hőmérsékleti skála a következő tételen alapszik: Legyen tetszés szerinti módon megadott olyan adat, amellyel egyértelműen jellemezhető a hőmérséklet. Az idézett cikkben (az 1103. oldalon) leírt gép úgy működik, hogy a magasabb hőmérsékleten (a „kazánban”) felvett  $Q_1$  hőből a legkedvezőbb (a valóságban csak megközelíthető reverzibilis) esetben  $Q_1 - Q_2$  hő alakít munkává, ha  $Q_2$  hő az alacsonyabb  $\vartheta_2$  hőmérsékleten megy át (munkává alakulás nélkül) a környezetbe („hűtőbe”). A termodinamika II. főtétele (a másodfajú perpetuum mobile lehetetlensége) alapján bebizonyítható, hogy  $Q_1$  és  $Q_2$  viszonya csak a hőmérséklet függvénye:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{f(\vartheta_1)}{f(\vartheta_2)} \quad (1)$$

Ez az összefüggés attól függetlenül érvényes, hogy milyen munkaanyaggal és milyen gépi berendezésben történik a hő részleges munkává alakítása. Ez az egyenlet *termodinamikai hőmérsékleti skála* definiálását teszi lehetővé, amely azonban csak annyiban „abszolút”, hogy független az anyagi minőségtől, valamint a gépi berendezéstől, és megad egy olyan hőmérsékleti állapotot, amelyre lehűtve a körfolyamattal dolgozó gép „hűtőjét”, a melegebb helyen felvett hő teljes egészében munkává alakulna, vagyis

$$Q_2 = 0 \quad \text{ha} \quad f(\vartheta_2) = 0 \quad (2)$$

A  $\vartheta$  számértékét megadó „hőmérsékleti skála” egyébként bizonyos határok között szubjektív elhatározással (vagyis önkényesen) választható, de úgy kell hozzá megkonstruálni az  $f(\vartheta)$  függvényt, hogy a fenti (1) és (2) feltétel teljesüljön.

Már *Kelvin* is tisztában volt a múlt század közepén azzal, hogy több konkrét hőmérsékleti skála, ill. függvény hozható összhangba az általános termodinamikai hőmérséklet-függvénnyel. Mivel az ő korában a gázoknak szobahőmérséklet körüli és magasabb hőmérsékleten tanúsított viselkedése volt e téren a fizikusok érdeklődésének a középpontjában, úgy választotta meg az  $f(\vartheta)$  függvényt, hogy a termodinamikai hőmérsékleti skála a gázhőmérséklettel egyezzen meg, s fokbeosztásként a (teljesen önkényes) Celsius-féle skála fokbeosztással fogadta el. Ennek megfelelően a  $T$  „Kelvin-hőmérséklet” definíciója:

$$f(\vartheta) = T \text{ K}^\circ$$

<sup>1</sup> Magyar Filozófiai Szemle, 1963. 6. sz. 1102. o.

Elvileg ezzel teljesen egyenértékűen definiálhatnánk pl. olyan  $\vartheta'$  vagy  $\vartheta''$  hőmérsékleti skálát, amelyre

$$f(\vartheta) = \frac{1}{\vartheta'} \text{ vagy } f(\vartheta) = e^{\vartheta''}$$

( $e$  a természetes log. alapszáma), vagy még sok másféleképpen.

Ez a többféle lehetőség persze nem azt jelenti, hogy az objektív valóság függ a hőmérsékleti skála szubjektív megválasztásától, hanem annak a következménye, hogy az objektív valóság mennyiségi viszonyait különféle mérték-rendszerekkel lehet kifejezni (pl. egy adott távolságot megadhatunk lépésben, collban, méterben és i.t.).

Ha a Kelvin-skálát megszokásból „abszolútnak” nevezzük is, ezt ugyanolyan kevéssé szabad betű szerint érteni, mint azt, hogy ágyban fekve nyugalomban vagyunk.

Felvetődhet a kérdés, hogy metodikai szempontból előnyös-e a Kelvin-féle skála használata. Mellette és ellene is lehet érveket felhozni. Nem nagyon alacsony, ill. magas hőmérsékletű anyagi rendszerek termodinamikai tárgyalása szempontjából előnyös a Kelvin-skála, mert általa sok sajtóhőmérsékletfüggése egyszerűen írható le. Az anyag kinetikus-statisztikus elméletének számos összefüggése viszont egyszerűbb alakúvá válnék, ha a fenti  $\vartheta'$  ( $= \frac{1}{T}$ ) skálát használnánk. Ez utóbbi skálán az abszolút nullapontnak  $\vartheta' = \infty$  felelne meg. Ezen nincs megütközni való, mert pl. a kinetikus-statisztikus elmélet sok összefüggésében  $\frac{1}{T}$  szerepel, amely szintén végtelenné válik, ha  $T = 0$ .

Igen alacsony hőmérsékleten, az abszolút nullapont közelében, a Kelvin-skála könnyen félrevezetheti azt, aki nem eléggé mélyed el a jelenségek tanulmányozásába. A Kelvin-skála ui. a jég olvadáspontja és a víz forráspontja közötti hőmérsékletkülönbség  $\frac{1}{100}$  része által definiált Celsius-féle fokbeosztást mechanikusan kiterjeszti az abszolút nullapontig, amelynek „közelében” pedig minőségileg mások a viszonyok, mint szobahőmérséklet körül. Ennek az a következménye, hogy  $1 \text{ K}^\circ$  hőmérsékletkülönbség „fizikai tartalma” igen alacsony hőmérsékleten lényegesen más, mint szobahőmérséklet körül. Pl. az alumíniumnak magas hőmérsékletektől kezdve igen alacsony hőmérsékletekig számottevő az elektromos ellenállása, s ez a hőmérséklettel csak kevéssé változik.  $T = 1,15 \text{ K}^\circ$  hőmérsékleten azonban  $0,01 \text{ K}^\circ$ -on belül gyakorlatilag nullára csökken: az alumínium szupravezetővé válik. E minőségileg új állapot egész létezési tartományát a Kelvin-skála mindössze alig több mint  $1 \text{ K}^\circ$ -ban adja meg, szemben a megelőző állapot  $1000 \text{ K}^\circ$ -nál is nagyobb létezési tartományával. Hasonló a helyzet a cikkben idézett (1105. o.) azon állapotokkal kapcsolatban, amelyekben bizonyos vonatkozásban az atomok mágneses momentumának, ill. az atommagok mágneses momentumának a kölcsönhatásai dominálnak. Ezen állapotok egymástól és a magasabb hőmérsékleteknek megfelelő állapotoktól minőségileg különbözők, létezési tartományukat a Kelvin-skála mégis csak a fok kis törtrészevel adja meg. Ugyancsak nem tükrözi a Kelvin-skála kifejezetten pl. azt, hogy közepes hőmérsékleten  $10\text{--}100 \text{ K}^\circ$  hőmérsékletváltozás előidézése nem jár számottevő nehézséggel, viszont az abszolút nullapont közelében már tízezred fok hőmérsékletcsökkenés is nagy tudományos vívmány számba megy. A termodinamikai hőmérséklet-skála más egységével, ill. függvényével kifejezve fenti állapotok létezési tartományának a skála sok egysége felel meg, ami jobban utal az e tartományokban bekövetkező fizikai folyamatok gazdagságára.

2. Az a megállapítás, hogy az abszolút nullapont a „legalacsonyabb” hőmérséklet, csak termodinamikai belső egyensúlyban levő rendszerekre helytálló. Külső erők (fizikai mezőkkel való kölcsönhatás) által létrehozott nem termodinamikai egyensúlyi állapotban a hőmérséklet  $T = 0 \text{ K}^\circ$ -nál „alacsonyabb” is lehet. A korpuszkuláris anyagi rendszerek kinetikus-statisztikus elmélete szerint ui. a hőmérsékletet lényegében az jellemzi, hogy a hőmozgás átlagos energiája miként oszlik el a részecskék között. Minden hőmérsékletnek statisztikai átlagban határozott energiaeoszlás felel meg. Az abszolút nullapont közelében számba jövő kristályos állapotban az energia kvantálva van, vagyis az atomok (ill. molekulák) csak határozott kvantumállapotokban lehetnek, amelyek energiája a kvantumelmélet által leírt véges értékekkel különbözik egymástól. Az abszolút nullapont fölött az energia-eloszlás olyan, hogy a *kisebb energiájú kvantumállapotokban több molekula van*, mint a nagyobb energiájúakban. A kvantumállapotok népsége tehát csökken az energia növekedtével. Tiszta kristályos anyagok esetén az abszolút nullaponton valamennyi atom a legkisebb energiájú kvantumállapotban van, a többi állapot „üres”.