

5. tétel: Hőtágulás

- A hőmérséklet, a hőmennyiség, a hőtágulás fogalma.
- Hőmérséklet mérése.
- Szilárd testek, folyadékok, gázok hőtágulása, a hőtágulást leíró összefüggések.
- Mindennapi példák a hőtágulás felhasználására, káros voltára, hőtágulás a természetben.

A hőmérséklet a testek hőállapota. Érzékszerveinkkel is érzékeljük a hőmérsékletváltozást, de az nem pontos. E fizikai mennyiség bevezetéséhez a testek hőállapotától függő fizikai jellemzők megváltozását használjuk fel: halmazállapot, vezetőképesség, térfogat, stb. Jele: T.

Méréséhez hőmérsékleti skálákat használunk. Ezek nevüket a megalkotóikról kapták.

Celsius-skála:

A víz fagyáspontja, illetve a forráspontja a viszonyítási alap.

Me.: °C (Celsius-fok)

Kelvin-skála vagy **abszolút hőmérsékleti skála:**

A természetben előforduló legalacsonyabb hőmérséklet a viszonyítási alap. 0 Kelvinen a gázoknak nem lenne térfogatuk. A skála beosztása megegyezik a Celsius-skála beosztásával.

Me.: K (Kelvin)

Átváltás: $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$ (Számolásnál egyszerűen csak 273)

Más skálák is vannak. Pl.: Fahrenheit (°F), Réaumur (°R).

A hőmérsékletet hőmérővel mérjük. Ennek van hagyományos, és digitális formája. A hagyományos, higanyos vagy alkoholos hőmérő az anyagok hőtágulását használja ki.

A hőtágulás az a jelenség, amikor valamely anyag hő hatására térfogatát megváltoztatja. A digitális hőmérők termisztoron, vagy termoelemen alapulhatnak. A termisztorok a félvezetők növekvő hőmérséklet hatására bekövetkező ellenállás csökkenését használják ki. A termoelemek két összeforrasztott fémből állnak. A két fém között hőmérsékletváltozás hatására feszültség keletkezik. Extrémebb hőmérsékletek mérésére pirométert szoktak alkalmazni. Működése a feketetest-sugárzáson alapul. (Egy tárgy által kibocsátott elektromágneses hullámok hullámhossza és intenzitása a hőmérséklettől függ.) Fényt (pl. infravörös) bocsájt ki a testre, és a visszaverődő fény intenzitása alapján következtet a hőmérsékletre. Így távolról is lehet hőmérsékletet mérni vele.

Még rengeteg jelenség alapján lehet hőmérsékletet mérni (pl. bimetál lemez elhajlása).

Az első hőmérőt Galilei készítette (1600 körül). Egy gáz hőtágulása mozgatott egy vízoszlopot, de a külső légnyomás változása miatt pontatlan volt. 1700 körül Guillaume Amontons a gáz helyett higanyt alkalmazott, majd Olaf Römer feltalálta az alkoholos megoldást. Végül Fahrenheit visszatért a higanyhoz, mert a hőtágulása egyenletesebb, és tökéletesítette a hőmérőt.

A hőmennyiség két test között közvetlenül átadott energia mennyisége. Mivel energia, ezért mértékegysége joule [J]. Jele: Q.

$$Q = c * m * \Delta T$$

A hőtágulás lehet lineáris (1D), területi (2D – „négyzetes”), és térfogati (3D – „köbös”). Továbbá halmazállapot szerint is szétválasztjuk őket: szilárd, folyadék, gáz.

l – hossz

l_0 – kezdeti hossz

β, α – hőtágulási együttható

Halmazállapot	Szilárd	Folyadék	Gáz
Lineáris	$\Delta l = l_0 * \alpha * \Delta T$ $l = l_0(1 + \alpha * \Delta T)$	nincs	nincs
Területi	$\Delta A = A_0 * 2\alpha * \Delta T$ $A = A_0(1 + 2\alpha * \Delta T)$ $\beta=2\alpha$	nincs	nincs
Térfogati	$\Delta V = V_0 * 3\alpha * \Delta T$ $V = V_0(1 + 3\alpha * \Delta T)$ $\beta=3\alpha$	ua., mint a szilárd	ua., mint a szilárd Állapotjelzők: p, V, T, m $V_0 - 0^\circ\text{C}$ -on mért V Izobár folyamatnál: $\beta = \frac{1}{273^\circ\text{C}}$

A hőtágulási együttható (α és β) az anyagra jellemző állandó. Ez a hőtáguláshoz hasonlóan lehet lineáris-, területi-, és térfogati-hőtágulási együttható. Ennek értéke a relatív hossz/terület/térfogat változást adja meg: $\Delta l / l(0)$; $\Delta A / A(0)$; $\Delta V / V(0)$.

Nem túl nagy hőmérsékletváltozás (legfeljebb 10^2 nagyságrendű) esetén használható a $\beta=3\alpha$ közelítés.

A hőtágulási együttható szilárd testek esetében 10^{-5} , folyadékok és gázok esetében 10^{-3} nagyságrendű.

A testek sűrűsége hőtágulásakor változik. A változatlan tömeg mellett a hőmérséklet növekedésével a térfogat is nő ezért a sűrűség csökken, a hőmérséklet csökkenésével a térfogat is csökken ezért a sűrűség nő.

Alkalmazások:

A szilárd testek hőtágulásának számos gyakorlati vonatkozása van. Régebben a vasúti és a villamos sínszakaszok között hézagokat vagy hosszanti hasítékokat hagytak a szabad tágulás biztosítására. Újabban a síneket összehegesztik, és betontalpakhoz rögzítik. Ez utóbbiak képesek ellenállni a sínek hosszváltozásakor fellépő erőknek.

A vashidak egyik vége görgőkön nyugszik, hogy a híd alakja a hőtágulás közben ne változzon.

Üvegekbe, és betonba csak együtt táguló, vagyis azonos hőtágulási együtthatójú fémek ágyazhatók (pl. vasbeton).

A két különböző vonalas hőtágulási együtthatójú fémszalag (bimetall, ikerfém) a hőmérséklet-változással arányos mértékben meggörbül. Ez alapján működnek a hőmérsékletet regisztráló termográfok, és az elektromos áramköröket be- vagy kikapcsoló jelfogók, és a fentebb részletezett hőmérők többsége.

A víz rendellenes viselkedése

A víz nem követi az ideális folyadékokra érvényes térfogati hőtágulási törvényt. Fajlagos térfogata $+4^{\circ}\text{C}$ -on a legkisebb, sűrűsége pedig a legnagyobb. Ennek igen nagy jelentősége van a természetben. Az őszi lehűlés során, $+4^{\circ}\text{C}$ -ig a tavak felszínének sűrűsége növekszik, és a vízréteg lesüllyed. Ez mindaddig tart, amíg a teljes vízmennyiség el nem éri a $+4^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletet, ezzel a maximális sűrűséget. A további lehűlés során, 0°C -ig csak a felszíni vízréteg sűrűsége csökken, nem süllyed le, majd megfagy. A keletkező jég –rossz hővezető lévén– megakadályozza a nagyobb tavak és folyók teljes befagyását, s így a vízi élőlények nem pusztulnak el.

A fagyáskor táguló (növekvő térfogatú) víz szétrepeszti a vele töltött edényt, a vízvezetékét és a sejtmembránt. A víznek fagyáskor bekövetkező térfogat-növekedése igen nagy jelentőségű a földfelszín alakulásában: a kőzetek repedéseiben és pórusaiban lévő víz megfagyva szétfeszíti a sziklát (aprózódás). A talajban a váltakozó olvadás-fagyás egyrészt a lejtés irányában talajfolyást okoz, másrészt széttepi a növények gyengébb gyökérzetét. A tavasszal melegező jég térfogat-növekedése folytán romboló hatású, és a tavak jege a partra toódik.

A vízhez hasonlóan viselkedik a lehűlő öntöttvas, és ezért jól kitölti az öntőformát.

Kísérletek:

I. Emeltyűs pirométer

Az $l = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$ lineáris hőtágulási törvény kísérleti igazolásához legalább kétféle anyagból készült, három-három különböző hosszúságú fémrúd hosszváltozását kell mérnünk a hőmérséklet függvényében. A kísérlet elvégzéséhez alkalmas eszköz az emeltyűs pirométer: több különböző anyagból készült fémrúd egyik vége rögzített, a másik vég túllóg a falon. A melegítés hatására a hosszváltozást a szabad véghez csatolt mérőórán lehet leolvasni. A különböző fémrudak különböző mértékben tágulnak, amint az leolvasható a mérőműszerről, vagyis eltérő a hőtágulásuk. A mérési eredmények alapján –grafikonon ábrázolva– a rudak hossza lineárisan nő a hőmérséklet függvényében. Az egyenesek meredeksége a fém anyagára jellemző α lineáris hőtágulási együtthatót adják.

II. Gravesande gyűrű

A szilárd testek térfogati hőtágulásának bemutatására szolgál a Gravesande-gyűrű, ami egy nyélre szerelt sárgaréz gyűrűből és egy vékony lánccal nyélre függesztett sárgaréz golyóból áll. A gyűrű környílása pontosan akkora hogy a golyó éppen átfér rajta. Ha a golyót felmelegítjük, kitágul, amit szemléletesen bizonyít, hogy így már nem fér át a gyűrűn. Melegítsük meg a gyűrűt is a lángban. A felmelegített gyűrű nyílásán a meleg rézgolyó is átfér, bizonyítva ezzel, hogy a szilárd testek belső üregei melegítés hatására ugyanúgy tágulnak, mintha az üreget is anyag tölténé ki.