

◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

## A szilárd testek hőtágulása

A tapasztalatok szerint melegítéskor a szilárd testek is tágulnak, hűtéskor összehúzódnak. Nyáron például a villanyvezetékek megnyúlnak, ezért jobban belógnak két-két oszlop között. A melegben a hidak is hosszabbak lesznek, ezért a nagyobb hidakat legalább az egyik parton görgőkkel támasztják alá, az úttesten pedig egymásba csúszó fésűs szerkezet vagy gumibetét biztosít lehetőséget a tágulásra.



A szilárd halmazállapotú anyagok hőtágulását szintén jellemezhetjük a térfogati hőtágulási együtthatóval. *A szilárd anyagból álló testek melegítésekor bekövetkező térfogatváltozásnak, valamint a kezdeti térfogat és a hőmérséklet-változás szorzatának a hányadosát az adott anyag térfogati hőtágulási együtthatójának nevezzük.* A szilárd anyag térfogati hőtágulási együtthatójának a jele:  $\beta$ . Képlettel:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}.$$

A térfogati hőtágulási együttható SI-mértékegysége:

$$[\beta] = \frac{[\Delta V]}{[V_0] \cdot [\Delta T]} = \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3 \cdot \text{K}} = \frac{1}{\text{K}}.$$

*Az abszolút hőmérsékleti skála* című fejezetben láttuk, hogy egy adott hőmérséklet-változásnak a Kelvin- és a Celsius-féle skálán is ugyanakkora mérőszám felel meg, ezért  $\Delta T = \Delta t$ . A térfogati hőtágulási együttható így

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T} = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta t}$$

alakban is felírható.

Ennek megfelelően a térfogati hőtágulási együttható másik mértékegysége:

$$[\beta] = \frac{[\Delta V]}{[V_0] \cdot [\Delta t]} = \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{1}{^\circ\text{C}}.$$

A két mértékegység ugyanakkora, azaz

$$[\beta] = \frac{1}{\text{K}} = \frac{1}{^\circ\text{C}}.$$

A mérések szerint *a szilárd anyagok hőtágulási együtthatója függ a test anyagától.*

A *szilárd testeknél* többnyire a hőmérséklet-változás hatására bekövetkező hosszúságváltozás is lényeges. A mérések szerint a hosszváltozás nagysága függ a kezdeti hosszúságtól, a hőmérséklet-változástól és a test anyagától. *A szilárd testek melegítésekor a bekövetkező hosszváltozásnak, valamint a kezdeti hosszúság és a hőmérséklet-változás szorzatának a hányadosát az adott anyag lineáris hőtágulási együtthatójának nevezzük.* A lineáris hőtágulási együttható jele:  $\alpha$ . Képlettel:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T}. \tag{1}$$

SI-mértékegysége:

$$[\alpha] = \frac{[\Delta l]}{[l_0] \cdot [\Delta t]} = \frac{\text{m}}{\text{m} \cdot \text{K}} = \frac{1}{\text{K}}.$$

Mérésekkel, illetve elméleti úton is igazolható, hogy *ugyanannak az anyagnak a térfogati hőtágulási együtthatója háromszor nagyobb, mint a lineáris hőtágulási együtthatója.*

Képlettel:

$$\beta = 3 \cdot \alpha$$

Emiatt a szilárd anyagoknál csak a lineáris hőtágulási együtthatót szokták meghatározni, illetve a táblázatokban feltüntetni.

Érdekes tény, hogy a szilárd anyagokban levő üregek, lyukak a melegítés hatására ugyanolyan mértékben tágulnak, mintha az adott anyag töltené ki őket. Mindez kísérletileg egy fémgyűrűvel és az abba pontosan illeszkedő, ugyanabból az anyagból készült golyóval igazolható (*Gravesande-készülék*). Szobahőmérsékleten



a golyó átfér a gyűrűn, de ha a golyót felmelegítjük, kitágul és megakad a gyűrű nyílásában. Ha a gyűrűt is felmelegítjük, a nyílás átmérője is megnő, így a golyó ismét átfér a lyukon.

## Kiegészítések

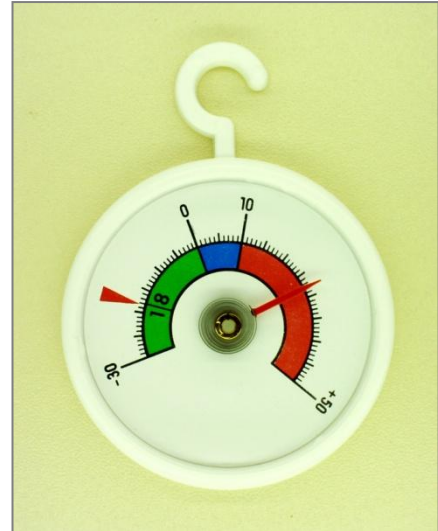
1. Gyakorlati okok miatt a szilárd anyagoknál a kezdeti hőmérsékletet nem 0 °C-nak, hanem többnyire 18 °C-nak választjuk, és így a  $V_0$ , illetve az  $l_0$  a 18 °C-on mérhető térfogatot, illetve hosszúságot jelöli.
2. A szilárd anyagok térfogati hőtágulási együtthatója mintegy 3 nagyságrenddel, azaz kb. 1000-szer kisebb, mint a folyadékoké.
3. A folyadékoknak és gázoknak nincs saját alakjuk, így nincsenek jellemző hosszúságuk sem. Emiatt folyadékoknál és gázoknál a lineáris hőtágulási együtthatót nem értelmezzük.
4. Néhány szilárd anyag lineáris hőtágulási együtthatója:

Anyag	$\alpha \left(\frac{1}{K}\right)$
Alumínium	$2,39 \cdot 10^{-5}$
Réz	$1,62 \cdot 10^{-5}$
Vas	$1,17 \cdot 10^{-5}$
Jég	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Invar	$0,12 \cdot 10^{-5}$

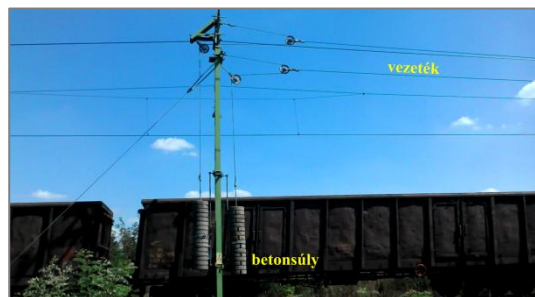


5. A táblázatban szereplő *invar* egy ötvözet, amely 64% vasat és 36% nikkelt tartalmaz. Neve latin eredetű, jelentése változatlan. Nevét onnan kapta, hogy lineáris hőtágulási együtthatója nagyon kicsi, kb. tizede az összetevők hőtágulási együtthatóinak. Olyan eszközök, műszerek, órák alkatrészeit készítik ebből az anyagból, melyeknél fontos, hogy a hőtágulás ne befolyásolja számottevően az eszköz működését.
6. A hosszú csővezetékekbe U alakú szakaszokat (lírát) iktatnak. (A fenti képen mindhárom csővezetéken egy-egy líra látható.). A vezeték tágulásakor, illetve összehúzódásakor az U alakú részek hajlanak meg, így a csövek nem károsodnak.

7. A *bimetall* (ikerfém) két különböző fémből áll, amelyeket szegecseléssel vagy hegesztéssel egymás mellé erősítettek. Mivel a hőmérséklet megváltozásakor a két fém különböző mértékben tágul, illetve húzódik össze, ezért a bimetall meghajlik. A meghajlás mértékéből következtetni lehet a hőmérsékletre; ezen az elven működnek az ikerfémes hőmérők. A bimetall megfelelően elhelyezett kapcsolót is működtethet, így meghatározott hőmérsékletnél az elektromos áram be-, illetve kikapcsolására alkalmazható (pl. vasalóban). A bimetall szóban a *bi-* előtag latin eredetű: jelentése kettő, kettős. A *metall* görög eredetű, jelentése fém.



8. A vasúti felsővezetékek hossza a hőmérséklet változásai miatt folyamatosan változik. A távvezetékekkel ellentétben itt a vezetékek belógása nem engedhető meg, mert a villanymozdonyok áramszedője beleakadhatna a lelógó vezetékbe. A felsővezeték ezért általában kb. 1500 m hosszú szakaszokra osztják, és az egyes szakaszokat középen rögzítik. A szakaszok mindkét végére egy mozgócsiga és egy állócsiga közébeiktatásával nehéz betonsúlyokat függesztenek. A hőtágulás miatti hosszúságváltozás ellenére ezek a súlyok mindig feszesen tartják a felsővezetékét. (A jelenségről készült videó itt érhető el: [Vasúti felsővezeték hőtágulása - YouTube.](#))



9. A térfogati és lineáris hőtágulási együttható közti összefüggés igazolásához elemezzük egy kocka hőtágulását! Jelölje a kocka élhosszúságát  $18\text{ }^\circ\text{C}$ -on  $l_0$ ! A kocka élhosszúságának változása az (1) összefüggés felhasználásával:

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T .$$

A kocka élhosszúsága a melegítés után:

$$l = l_0 + \Delta l = l_0 + \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) .$$

A kocka térfogata a melegítés után:

$$V = l^3 = [l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)]^3 .$$

A köbre emelést elvégezve:

$$V = l^3 = l_0^3 \cdot [1 + 3 \cdot \alpha \cdot \Delta T + 3 \cdot \alpha^2 \cdot (\Delta T)^2 + \alpha^3 \cdot (\Delta T)^3].$$

Mivel a szilárd anyagok lineáris hőtágulási együtthatói  $10^{-5}$  nagyságrendűek, a szögletes zárójelben szereplő tagok nagyságrendje még  $100^\circ\text{C}$  hőmérséklet-változásnál is csak 1;  $10^{-3}$ ;  $10^{-6}$ ;  $10^{-9}$ . Ez azt jelenti, hogy még ekkora hőmérsékletváltozásnál is csak 1 százaléknál kisebb hibát okoz, ha a kifejezésből a harmadik és negyedik tagot elhagyjuk. Ennek alapján:

$$V = l_0^3 \cdot [1 + 3 \cdot \alpha \cdot \Delta T] = V_0 \cdot [1 + 3 \cdot \alpha \cdot \Delta T] = V_0 + 3 \cdot \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T,$$

$$V - V_0 = 3 \cdot \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T,$$

$$\Delta V = 3 \cdot \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T,$$

$$\frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T} = 3 \cdot \alpha.$$

A bal oldalon éppen a térfogati hőtágulási együttható áll, így

$$\beta = 3 \cdot \alpha$$

Ez pedig éppen az igazolni kívánt összefüggés.

## Képek jegyzéke

	<b>A bajai Türr István híd részlete görgőkkel</b> W <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bajai_hid_09.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bajai_hid_09.jpg</a>
	<b>Gravesande-készülék</b> © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0080.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0080.jpg</a>
	<b>Csővezetékek lórával</b> © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0083.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0083.jpg</a>
	<b>Ikerfémes hőmérő</b> © <a href="http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0084.jpg">http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0084.jpg</a>
	<b>Vasúti felsővezeték megfeszítése csigákkal és betonsúllyal</b> © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/fotok/0013.png">http://www.fizikakonyv.hu/fotok/0013.png</a> Videó: © <a href="https://www.youtube.com/watch?v=6ns_rzJfN_w">https://www.youtube.com/watch?v=6ns_rzJfN_w</a>

### Jelmagyarázat:

- © **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.
- W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.