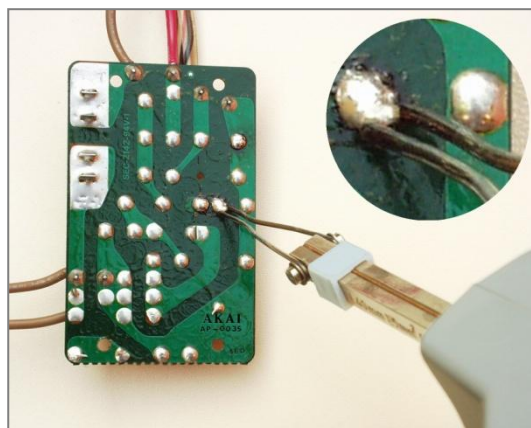


◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

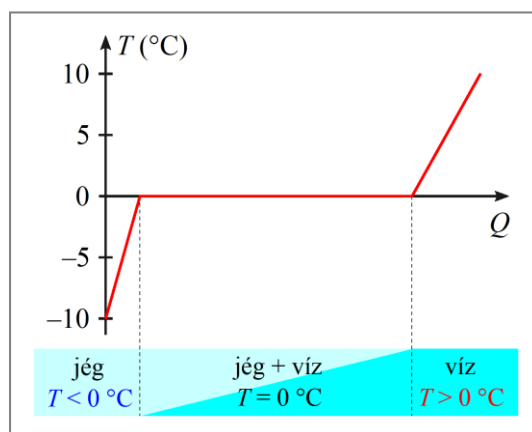
Az olvadás és a fagyás

A hűtőszekrényből kivett jégkocka szobahőmérsékleten megolvad, folyékonyá válik. Forrasztáskor a szilárd forrasztóon a páka melegének hatására megolvad. Hegesztéskor a magas hőmérséklet következtében az acél is folyékonyá válik. *Az olyan halmazállapot-változást, melynek során a szilárd anyag folyékonyá válik, olvadásnak nevezzük.*

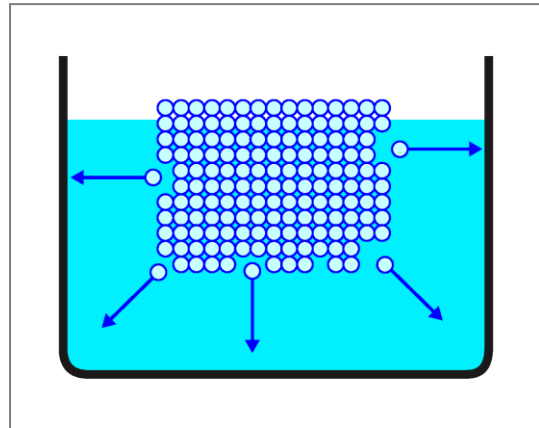


Jeget tartalmazó kisebb edénybe hőmérőt helyeztünk, és az edényt vízfürdőbe merítve melegítettük. A jég hőmérséklete kezdetben folyamatosan emelkedett. A $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot elérve azonban a hőmérséklet nem nőtt tovább, ellenben a jég olvadni kezdett. A jég (és az olvadásból származó víz) hőmérséklete mindaddig $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ maradt, amíg a jég teljes egészében el nem olvadt. Ezt követően a víz hőmérséklete fokozatosan tovább emelkedett. Hasonló jelenséget figyelhetünk meg más szilárd anyagok, például cukor, ón, ólom olvadásakor is, de minden anyag más-más hőmérsékleten válik folyékonyá. *Például a cukor $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, az ón $232\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, az ólom $327\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on olvad meg. Azt a hőmérsékletet, amelyen a szilárd anyag folyékonyá válik, olvadáspontnak nevezzük.*

Grafikonon ábrázoltuk, hogy a jég olvadásakor hogyan függ a hőmérséklet a felvett hőtől. Látható, hogy olvadás közben a hőmérséklet nem emelkedik, annak ellenére, hogy az olvadó jég folyamatosan hőt vesz fel környezetétől. A rendszer belső energiája folyamatosan növekszik, ez az *energianövekedés olvadás közben azonban nem hőmérséklet-változással, hanem halmazállapot-változással jár együtt.*



A szilárd testek, illetve a folyadék modellje alapján az olvadás a következőképpen értelmezhető: A szilárd testek részecskéi a kristályrácsban rezgőmozgást végeznek, a rezgés annál élénkebb, minél magasabb a test hőmérséklete. Kellően magas hőmérsékleten a részecskék mozgási energiája akkora, hogy képesek kiszakadni a kristályrácsból. A



kristályról levált részecskék ugyan még vonzzák egymást, de egymáson már szabadon elgördülhetnek, azaz ezek a részecskék folyadékot alkotnak.

Egy kísérletsorozatban megmértük, hogy mennyi hő kell különböző tömegű 0 °C-os jégdarabok teljes megolvasztásához. A kapott eredményeket a következő táblázat tartalmazza.

m (kg)	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
Q (J)	34 000	51 000	68 000	85 000	102 000
$\frac{Q}{m}$ ($\frac{J}{kg}$)	340 000	340 000	340 000	340 000	340 000

Az adatokból megállapítható, hogy a jég megolvasztásához szükséges hőmennyiség és a megolvasztott jég tömegének a hányadosa minden esetben ugyanakkora, tehát a két mennyiség egyenesen arányos egymással. Hasonló eredmény adódik akkor is, ha a mérést más kristályos, szilárd halmazállapotú anyaggal végezzük el: *A szilárd test olvadáspontján történő megolvasztásához szükséges hő és a megolvasztott test tömegének hányadosa a test anyagára jellemző állandó, ezt a hányadost az anyag olvadáshőjének nevezzük. Az olvadáshő jele: L_0 , képlettel:*

$$L_0 = \frac{Q}{m}.$$

Az olvadáshő SI-mértékegysége:

$$[L_0] = \frac{[Q]}{[m]} = \frac{J}{kg}.$$

Az olvadáshő további mértékegysége a kJ/kg, a két mértékegység közti kapcsolat:

$$1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

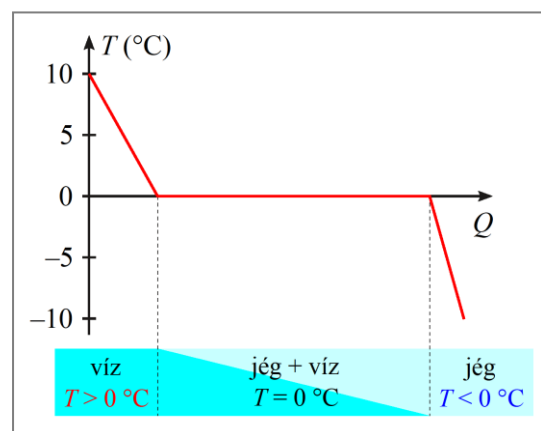
A mélyhűtőbe helyezett víz jéggé fagy, a folyékony bronz az öntőformában megszilárdul, a forrasztóon a forrasztás befejezése után már néhány másodperc alatt szilárdává válik. Kellően alacsony hőmérsékleten minden folyadék megszilárdul, megfagy. *Az olyan halmazállapot-változást, melynek során a folyadék szilárd halmazállapotúvá válik, fagyásnak nevezzük.*



Ha a vizet fokozatosan lehűtjük, akkor hasonló jelenséget tapasztalunk, mint olvadáskor. A víz kezdetben folyamatosan hűl, de amikor a hőmérséklet a 0 °C-ot eléri, megindul a víz fagyása. A víz (és a keletkező jég) hőmérséklete ettől kezdve mindaddig 0 °C marad, amíg a víz teljes egészében meg nem fagy. Ezt követően a jég hőmérséklete fokozatosan tovább csökken. Hasonló jelenséget figyelhetünk meg más folyadékok fagyásakor is, de minden anyag más-más hőmérsékleten fagy meg. *Azt a hőmérsékletet, amelyen a folyadék megszilárdul, fagyáspontnak nevezzük.*

Láttuk, hogy a jég olvadáspontja 0 °C, és a víz szintén ugyanezen a hőmérsékleten fagy meg. Mérésekkel igazolható, hogy *ugyanannak az anyagnak az olvadáspontja és fagyáspontja megegyezik egymással.*

Fagyás közben a folyadék hőt ad le környezetének. Grafikonon ábrázoltuk, hogy a víz megfagyásakor hogyan függ a hőmérséklet a leadott hőtől. Látható, hogy a fagyás közben a hőmérséklet nem csökken, annak ellenére, hogy a víz folyamatosan hőt ad le környezetének. Ennek megfelelően a rendszer belső energiája folyamatosan csökken, ez az



energiacsökkenés a fagyás során azonban nem lehűléssel, hanem halmazállapot-változással jár. A folyadék hőleadása miatt a részecskéknek ugyanis egyre kevesebb

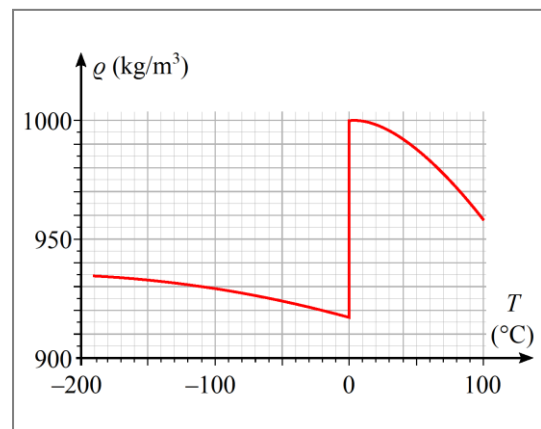
energiájuk marad, így végül nem képesek elszakadni szomszédjaiktól, hanem fokozatosan kristályrácsba rendeződnek, azaz a folyadék megfagy.

Mérésekkel igazolható, hogy *a folyadék fagyása közben leadott hőmennyiség és a megszilárdult anyag tömegének hányadosa az adott anyagra jellemző állandó, ezt a hányadost az anyag fagyáshőjének nevezzük.* A mérések szerint *ugyanazon anyag fagyáshője megegyezik az olvadáshőjével*, ezért a fagyáshő jele szintén L_0 .

Kiegészítések

1. A pontos laboratóriumi mérések szerint a jég olvadáshője 334 700 J/kg.

2. Tudjuk, hogy a folyadékok többsége hűtéskor összehúzódik. A megfigyelések szerint az összehúzódás általában fagyás közben is folytatódik. Láttuk azonban azt is, hogy a víz rendellenesen viselkedik: hűtéskor 4 °C-on a legkisebb a térfogata, és további hűtés hatására kitágul. A tágulás fagyás közben is folytatódik, emiatt *a víz fagyása közben a*



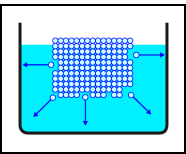
sűrűség ugrásszerűen csökken. Mindez jól megfigyelhető a víz (és jég) sűrűség-hőmérséklet grafikonján is. A pontos mérések szerint 0 °C-os víz sűrűsége 999,840 kg/m³, a 0 °C-os jég sűrűsége pedig csupán 917 kg/m³. Olvadáskor a folyamat fordított, *a jég olvadása közben a sűrűség ugrásszerűen növekszik.* (A jelenséghez kapcsolódó videó *Jég-víz sűrűsége olvadáskor* címmel itt érhető el: <https://youtu.be/fP5DuOfaHsI>.)

3. A jég sűrűsége kisebb, mint a vízé, ezért úszik a víz felszínén, de a jég 90%-a a víz felszíne alatt van. A tengerben úszó jéghegyek emiatt rendkívül veszélyesek, mert víz alatti részük alig észlelhető. A jéghegyek számos szerencsétlenséget okoztak, ezek közül a legismertebb a *Titanic* 1912-ben bekövetkezett katasztrófája.



4. Fagyás közben a növekvő térfogatú jég rendkívül nagy erőt képes kifejteni. Például a sziklák repedéseiben megfagyó víz szétfeszíti a legkeményebb kőzeteket is, mindez a magas hegységek lepusztulásának az egyik legfőbb okozója. A fagy ugyanezen okok miatt jelentős károkat okozhat épületekben, utakban, hidakban. Ha a keletkezett repedéseket cementtel, aszfalttal, bitumennel, szilikonnal stb. kitöltik, a fagykárok megelőzhetőek.
5. A víz olvadás-, illetve fagyáspontja a benne feloldott anyagok hatására jelentősen megváltozhat. A különféle sók, például a konyhasó (NaCl) vagy a pétisó (NH_4NO_3) jelentősen csökkentik a víz fagyáspontját. A jeges utakat, járdákat ezért lehet sózással jégmentesíteni. Sajnos a kiszórt só károsítja a környezetet, ezért ezt az eljárást csak a legszükségesebb helyeken célszerű alkalmazni, és konyhasó helyett a növényzetet kevésbé károsító műtrágyákat érdemes használni.
6. Az anyagok olvadáspontja függ a nyomástól is. A nyomás növekedéskor az olvadáspont a *fagyáskor összehúzódó anyagoknál* emelkedik, a *fagyás közben tágulóknál* csökken. Nagyobb nyomáson tehát a jég olvadáspontja alacsonyabb, ezért a nyomás hatására a jég $0\text{ }^\circ\text{C}$ alatti hőmérsékleten is megolvadhat. Az olvadáspont változása azonban általában nagyon kicsi, 1 MPa nyomás csupán $0,075\text{ }^\circ\text{C}$ -kal csökkenti a jég olvadáspontját.

Képek jegyzéke

	<p>Forrasztáskor a forrasztóon megolvad © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0724.jpg</p>
	<p>Jég olvadásának hőmérséklet–felvett hő grafikonja © http://fizikakonyv.hu/rajzok/0281.svg</p>
	<p>Az olvadás értelmezése © http://fizikakonyv.hu/rajzok/0282.svg</p>
	<p>Bronzöntés a Grassmayr-öntödében (Innsbruck, Ausztria) © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0460.jpg</p>
	<p>Víz fagyásának hőmérséklet–leadott hő grafikonja © http://fizikakonyv.hu/rajzok/0283.svg</p>
	<p>Jég és víz sűrűsége a hőmérséklet függvényeként © http://fizikakonyv.hu/rajzok/0284.svg</p>
	<p>Jéghegyek az Atlanti-óceánon, Grönland közelében W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iceberg_upernavik_2007-08-11_1.jpg</p>

Jelmagyarázat:

© **Jogvédtett anyag**, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	---