

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

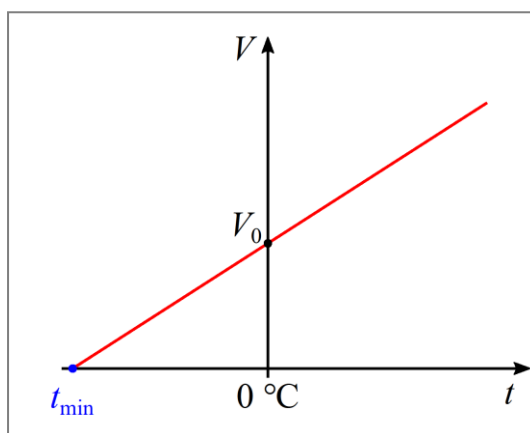
Az abszolút hőmérsékleti skála

Tudjuk, hogy állandó nyomáson a gázok melegítéskor tágulnak, hűtéskor pedig összehúzódnak. Láttuk, hogy Gay-Lussac I. törvényéből adódóan a gáz (Celsius-fokban mért) hőmérséklete és térfogata között az alábbi kapcsolat áll fenn:

$$V = V_0 + \beta \cdot V_0 \cdot t .$$

Eszerint a térfogat és a hőmérséklet között lineáris kapcsolat van. Ha ezt az összefüggést térfogat-hőmérséklet grafikonon ábrázoljuk, egy egyenest kapunk. (Az egyenes tengelymetszete V_0 , meredeksége pedig $\beta \cdot V_0$.)

A grafikonról leolvasható, hogy a gázokat elegendően alacsony hőmérsékletre hűtve térfogatuk elvileg nullává válna. (A valóságban



a gázok először folyadékká alakulnak, majd megszilárdulnak.) Határozzuk meg, hogy milyen t_{\min} hőmérsékletnél lenne a gáz térfogata nulla! Az előző összefüggés szerint:

$$0 = V_0 + \beta \cdot V_0 \cdot t_{\min} ,$$

$$-\beta \cdot V_0 \cdot t_{\min} = V_0 ,$$

$$-\beta \cdot t_{\min} = 1 ,$$

$$t_{\min} = -\frac{1}{\beta} .$$

Az egyetemes gázállandó értékét behelyettesítve:

$$t_{\min} = -\frac{1}{\beta} = -\frac{1}{0,00366 \frac{1}{^\circ\text{C}}} = -273 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

A gázok tehát legfeljebb eddig a hőmérsékletig hűthetők le. További vizsgálatok szerint a folyadékok és a szilárd testek hőmérséklete sem lehet ennél alacsonyabb.

Mindezek miatt célszerű volt egy új hőmérsékleti skála bevezetése, amelyet *abszolút hőmérsékleti skálának* nevezünk. Ezen a skálán a kezdőpont az elképzelhető legalacsonyabb hőmérsékletnél, az előzőekben meghatározott $t_{\min} = -273\text{ °C}$ hőmérsékletnél van. Ezt a hőmérsékletet *abszolút nulla foknak* nevezzük. A skála beosztásai ugyanakkorák, mint a Celsius-skálán, tehát a jég olvadáspontja és a víz forráspontja közti szakasz itt is 100 egyenlő részre van felosztva. Az abszolút hőmérsékleti skálán mért hőmérséklet mértékegysége a kelvin (jele: K). Az SI-ben a hőmérséklet mértékegységül a kelvint választották.

A kétféle skála alappontjaihoz tartozó hőmérsékletek mindkét mértékegységgel kifejezve az ábrán láthatók. Általános esetben egy adott *hőmérsékletnek* a kétféle skálán kifejezett értékei (mérőszámai) között a következő kapcsolat van:

$$\{t\}_{\text{kelvin}} = \{t\}_{\text{Celsius-fok}} + 273.$$

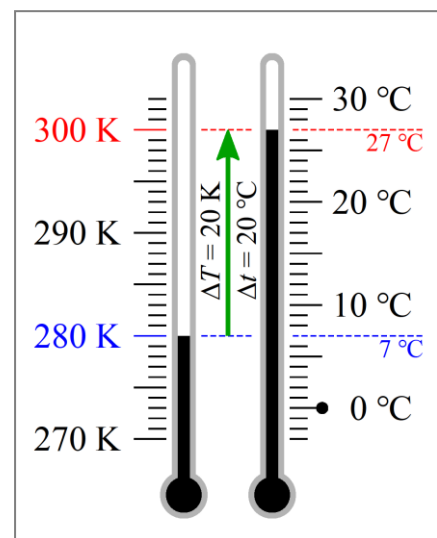
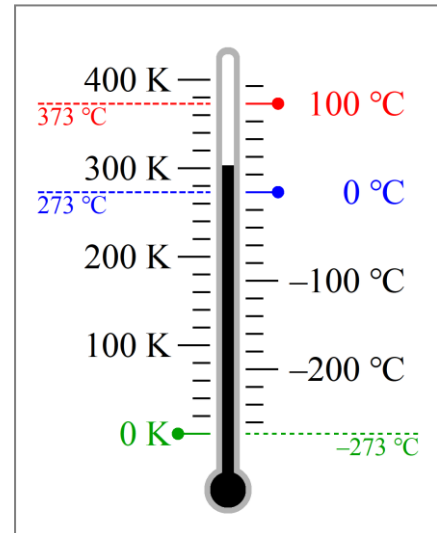
A skálabeosztások azonban mindkét hőmérsékleti skálán ugyanakkorák, ezért a rajz alapján könnyen belátható, hogy adott *hőmérséklet-változásnak* mindkét skálán ugyanakkora mérőszám felel meg:

$$\{\Delta t\}_{\text{kelvin}} = \{\Delta t\}_{\text{Celsius-fok}}.$$

A fentiek miatt *egyes összefüggések alakja függ attól, melyik hőmérsékleti skálát alkalmazzuk.*

A továbbiakban megkülönböztetésül a Celsius-féle skála használatakor a hőmérsékletet t -vel jelöljük, az abszolút hőmérsékleti skála használatakor pedig a T jelölést alkalmazzuk. *A továbbiakban az SI előírásaival összhangban a hőmérséklet méréséhez többnyire az abszolút skálát használjuk, és hőmérsékleten az ezen a skálán mért hőmérsékletet értjük.* A következőkben mindezt felhasználva megvizsgáljuk, hogyan módosulnak az eddig megismert legfontosabb hőtani összefüggések.

Láttuk, hogy *a hőmérséklet-változás független attól, melyik hőmérsékleti skálát használjuk,* ezért $\Delta T = \Delta t$.



A térfogati hőtágulási együtthatót meghatározó összefüggésben csak a hőmérséklet-változás szerepel, ezért:

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

emiatt

$$\beta = 0,00366 \frac{1}{^\circ\text{C}} = 0,00366 \frac{1}{\text{K}}.$$

Vegyük észre, hogy

$$0,00366 = \frac{1}{273}$$

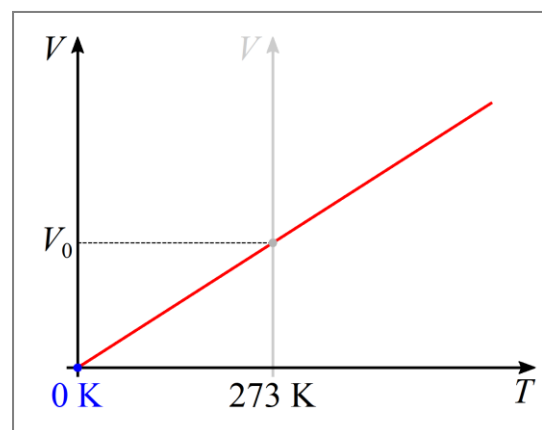
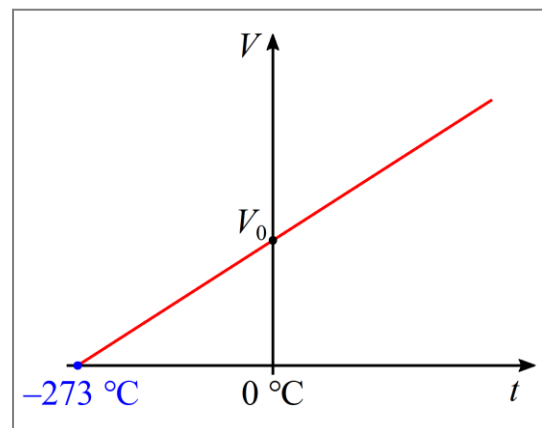
Ezt az előbbi összefüggésbe helyettesítve:

$$\beta = \frac{1}{273 \text{ } ^\circ\text{C}} = \frac{1}{273 \text{ K}}.$$

Gay-Lussac I. törvényének átírásához ábrázoljuk az izobár állapotváltozást térfogat-hőmérséklet grafikonon úgy, hogy a hőmérséklettengelyen a Celsius-skála helyett az abszolút hőmérsékleti skálát használjuk! A térfogat-hőmérséklet grafikon most egy olyan egyenes lesz, amely áthalad az origón, tehát a gáz térfogata és hőmérséklete egyenesen arányos egymással. Emiatt a két mennyiség hányadosa állandó, azaz

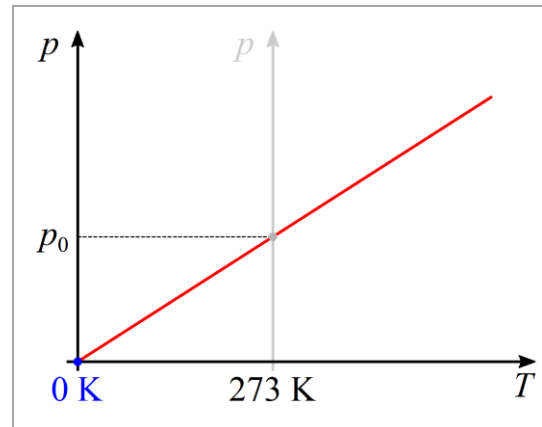
$$\frac{V}{T} = \text{állandó}.$$

Gay-Lussac I. törvényének abszolút hőmérséklettel megfogalmazható alakja: Az állandó nyomású gáz térfogata és hőmérséklete egyenesen arányos egymással.



Ehhez hasonló gondolatmenettel Gay-Lussac II. törvényéből kiindulva igazolható, hogy izochor állapotváltozásnál a nyomás–hőmérséklet grafikonon egy olyan egyenes, amely átmegy az origón, tehát a gáz nyomása és hőmérséklete egyenesen arányos egymással. Emiatt a két mennyiség hányadosa állandó, azaz

$$\frac{p}{T} = \text{állandó.}$$



Gay-Lussac II. törvényének abszolút hőmérséklettel megfogalmazható alakja: *Az állandó térfogatú gáz nyomása és hőmérséklete egyenesen arányos egymással.*

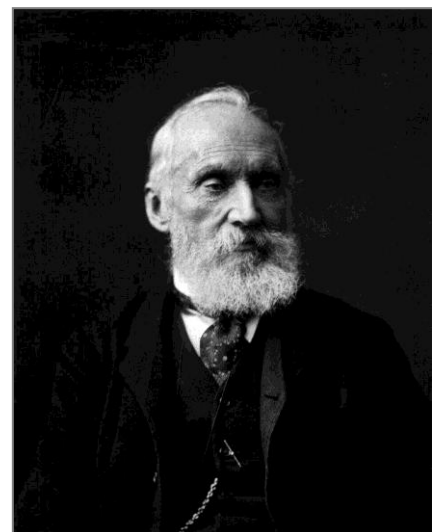
Kiegészítések

1. A pontos mérések szerint $t_{\min} = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$, és ennek megfelelően az összefüggésekben mindenütt ezt az értéket kellene használni. Így például

$$\beta = \frac{1}{273,15 \text{ }^\circ\text{C}} = \frac{1}{273,15 \text{ K}}.$$

A gyakorlatban azonban ez az eltérés többnyire elhanyagolható, ezért mi a továbbiakban is a kerekített értéket használjuk. (Természetesen a 0 K körüli hőmérsékleteken az eltérést már figyelembe kell venni.)

2. Az abszolút hőmérsékleti skála használatát *Lord Kelvin* (eredeti neve: *William Thomson*, 1824–1907) angol fizikus vezette be 1852-ben. Tiszteletére ezt a skálát Kelvin-féle skálának is nevezik, és róla nevezték el a hőmérséklet SI-egységét. Kelvin jelentős eredményeket ért el az elektromosságtan területén is. Tudományos tevékenységének elismeréseként *Viktória királynő* 1866-ban lovaggá ütötte, majd 1892-ben bárói rangra emelte. A *Magyar Tudományos Akadémia* 1873-ban tiszteleti tagjává választotta.



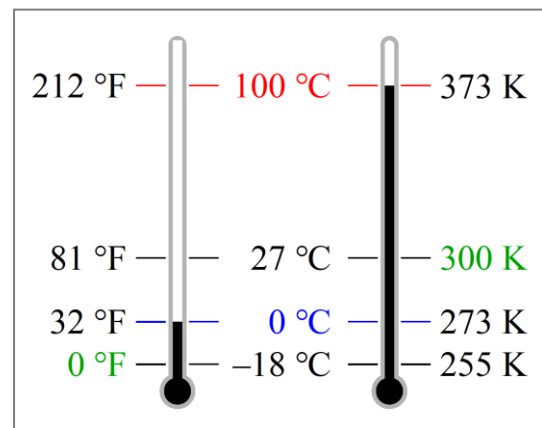
3. A Celsius-féle hőmérsékleti skálát *Anders Celsius* (1701–1744) svéd csillagász dolgozta ki 1742-ben. Eredetileg a víz forráspontját jelölte 0-val, fagyáspontját pedig 100-zal, a két értéket csak később cserélték fel. A Celsius-fok (jele °C) nem SI-mértékegység, de a mérésügyről szóló magyarországi jogszabályok szerint korlátozás nélkül használható. A Celsius-skála előnye, hogy két alappontja (a víz fagyáspontja és forráspontja) a mindennapi életben is fontos hőmérsékletekhez kapcsolódik.



4. Elsősorban az USA-ban és néhány angol nyelvű országban használják még a *Gabriel Fahrenheit* (1686–1736) német üvegtechnikus által 1724-ben kidolgozott hőmérsékleti skálát. A skála két alappontja itt is a víz fagyáspontja és forráspontja, de ezekhez a 32 °F és a 212 °F értékek kapcsolódnak. A két alappont közti tartomány 180 részre van felosztva. Emiatt a Fahrenheit- és a Celsius-skála kapcsolata:

$$\{t\}_{\text{Fahrenheit-fok}} = 1,8 \cdot \{t\}_{\text{Celsius-fok}} + 32.$$

A három skála összehasonlítása az ábrán látható. (A hőmérsékletértékek egészszámként szerepelnek.)



Példa

Egy zárt gáztartályban a nyomás 2 MPa volt. A hőmérséklet a napsütés következtében 18 °C-ról 28 °C-ra nőtt. Mekkora lett a gáz nyomása?

Megoldás

$$p_1 = 2 \text{ MPa}$$

$$T_1 = 18 \text{ °C} = 291 \text{ K}$$

$$T_2 = 28 \text{ °C} = 301 \text{ K}$$

$$p_2 = ?$$

Gay-Lussac II. törvénye alapján:

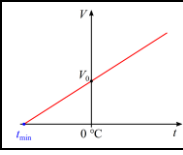
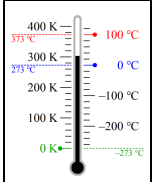
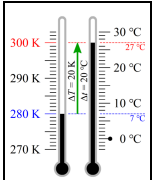
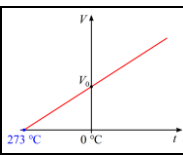
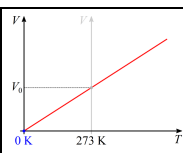
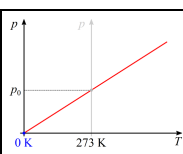
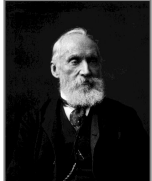

$$\frac{p}{T} = \text{állandó} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad \Rightarrow \quad p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

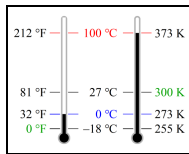
Az adatokat behelyettesítve:

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 2 \text{ MPa} \cdot \frac{301 \text{ K}}{291 \text{ K}} \approx 2,07 \text{ MPa}$$

A nyomás tehát a napsütés hatására 2,07 MPa-ra nőtt.

Képek jegyzéke

| | |
|---|--|
|  | <p>Térfogat–hőmérséklet grafikon az abszolút nulla fok értelmezéséhez</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0242.svg</p> |
|  | <p>Az abszolút hőmérsékleti skála és a Celsius-féle skála kapcsolata</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0243.svg</p> |
|  | <p>Hőmérséklet-változás a kétféle skálán</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0244.svg</p> |
|  | <p>Térfogat–hőmérséklet grafikon Celsius-féle skálával</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0245.svg</p> |
|  | <p>Térfogat–hőmérséklet grafikon abszolút hőmérsékleti skálával</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0246.svg</p> |
|  | <p>Nyomás–hőmérséklet grafikon abszolút hőmérsékleti skálával</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0247.svg</p> |
|  | <p>Lord Kelvin (William Thomson) arcképe</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lord_Kelvin_photograph.jpg</p> |
|  | <p>Anders Celsius arcképe</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anders-Celsius-Head.jpg</p> |



A Fahrenheit-, a Celsius- és a Kelvin-féle skála összehasonlítása

© <http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0248.svg>

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.

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