

# Az égbolt hőmérsékletének mérése az üvegházhatás vizsgálatára

## Feladat

Infravörös hőmérővel mérjük az égbolt hőmérsékletét nappal felhőtlen égnél, kumuluszfelhővel és éjszaka felhőtlen égnél. Következtetni lehet az üvegházhatásra és a felhőben a harmatpontra. A látóhatár feletti szög függvényében mérjük az égbolt hőmérsékletét városi környezetben és szabad tájban. Következtetni lehet a hőszennyezésre. A kapható értékek csak tájékoztató jellegűek.

## Az infravörös hőmérő működése és használata

Az infravörös (IR) hőmérő érintésmentes hőmérsékletmérő műszer. A hőmérsékletet a tárgy által a 8 – 14  $\mu\text{m}$  tartományban kisugárzott infravörös energia alapján határozza meg. Az infravörös hőmérő az objektum felületi hőmérsékletét méri. A műszer érzékelője a tárgy által kibocsátott, róla visszavert és rajta átbocsátott hőszugárzást érzékeli, és ezt az információt hőmérséklet-értékre alakítja át. Mivel a műszer a tárgy felületi hőmérsékletét méri, ezért az üvegen nem „lát” át, az üvegek is a felületi hőmérsékletét méri. Az empirikusan definiált „emisszió fok” értékét használják egy anyag energiasugárzási jellemzőinek leírására<sup>1</sup>. Minél nagyobb ez az érték, annál jobban képes az anyag sugárzás kibocsátására. Fémfelületeknek, vagy csillogó, ill. fehér anyagoknak alacsonyabb az emisszió foka. Ez azt jelenti, hogy hiába magas a hőmérséklete, ezt nem, vagy csak gyengén „jelzi” (infra)sugárzás emissziójával. Fekete és érdes felületek emisszió foka nagyobb. Természetesen az abszolút fekete test emisszió foka a legnagyobb, ennek az értéke definíció szerint: 1. Sok szerves anyag és felület emisszió foka 0,95, ezért a mérőműszeren ez az alapbeállítás. A mérőműszeren az emisszió fok beállítható (de ennek állítására nem lesz szükség a mérésünk során). Ezzel a különböző anyagokon és felületeken pontos mérési eredményeket kaphatunk.

**A különböző felületek emissziófoka**

A táblázatban szereplő emissziófokok közelítő értékek. A tárgy geometriája, felületi minősége és egyéb paraméterek mind befolyásolhatják az emissziófokot.

Anyag	Emisszió-fok	Anyag	Emisszió-fok
Aszfalt	0,90 – 0,98	Lakk, matt	0,95
Beton	0,94	Ember bőre	0,98
Jég	0,96 – 0,98	Habarc	0,89 – 0,91
Vasoxid	0,78 – 0,82	Papír	0,70 – 0,94
Föld, humusz	0,92 – 0,96	Műanyag	0,85 – 0,95
Gipsz	0,80 – 0,90	Homok	0,90
Üveg, kerámia	0,90 – 0,95	Szővet	0,90
Gumi (fekete)	0,94	Víz	0,92 – 0,96
Lakkok	0,80 – 0,95	Tégla	0,93 – 0,96

Az eszköz különösen hasznos forró, nehezen hozzáférhető, távoli vagy mozgó tárgyak hőmérsékletének mérésénél. A mérendő felület nagyobb kell legyen, mint a hőmérő mérőfoltja. Ez

<sup>1</sup> A pontosabb fizikai fogalmak a következők: egy anyag **spektrális emisszióképessége**  $e(f,T) \cdot df$ , egy  $T$  hőmérsékletű test egységnyi felületéről az  $f$  frekvencia kis  $df$  környezetében időegység alatt kisugárzott energiát jelenti. Röviden:  $e(f,T)$  az  $f$  frekvencia környezetében kisugárzott felületi teljesítménysűrűség.  $e(f,T)$  dimenziója nyilván:  $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{Hz}} = \frac{\text{W} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$ . Egy másik fogalom a **spektrális abszorpcióképesség**  $a(f,T)$ , amely egy  $T$

hőmérsékletű test felületegysége által a ráeső  $f$  frekvenciájú elektromágneses sugárzásból elnyelt hányadot jelenti. Ez egy  $[0,1]$  intervallumba eső arányszám. Mindkét függvény függ az illető test anyagától, illetve a felületétől. Kirchhoff törvénye szerint azonban az  $E(f,T) = \frac{e(f,T)}{a(f,T)}$  hányados már anyagfüggetlen. **Abszolút**

**fekete testnek** azt nevezzük, amelyre  $a(f,T)=1$  minden frekvencián (azaz minden ráeső sugárzást elnyel minden frekvencián). Ennek alapján a mérési útmutatóban említett empirikus „emisszió fok” kapcsolatban van az  $\varepsilon(f,T) = \frac{e(f,T)}{E_{\text{fekete}}(f,T)}$  hányadossal. Nyilván, ha abszolút fekete testről beszélünk, akkor  $\varepsilon(f,T)=1$ . Mivel a

készülék nem tud minden  $f$  frekvencián és minden  $T$  hőmérsékleten mérni, ezért  $\varepsilon(f,T)$ -nek a mérhető frekvencia- és a szóba jövő hőmérséklettartományra vonatkozó átlagos értékét adják meg, amivel közelítőleg figyelembe lehet venni az illető test anyagi sajátosságait.

utóbbinak az értékét a hőmérőre jellemző arányszám alapján lehet megállapítani. Például a 6/1 arány azt jelenti, hogy a hőmérő 1 m távolságban egy 1/6 m átmérőjű foltot „lát”, ennek átlagos hőmérsékletét méri meg.

A feladathoz Voltcraft IR 1200-50D IR hőmérőt használunk. Ennek mérési hőmérséklet-tartománya: -50...1200 °C, pontossága kb.  $\pm 2$  °C, távolság/folt aránya 50/1, azaz 1 km esetén 20 m.

**A műszert tilos a Nap felé fordítani! A műszert ne érje hosszan tartó napsugárzás!**

## Mérési feladatok

### 1. Próbamérések

Az IR hőmérő működésének kipróbálására megmérhetjük néhány jellemző tárgy hőmérsékletét

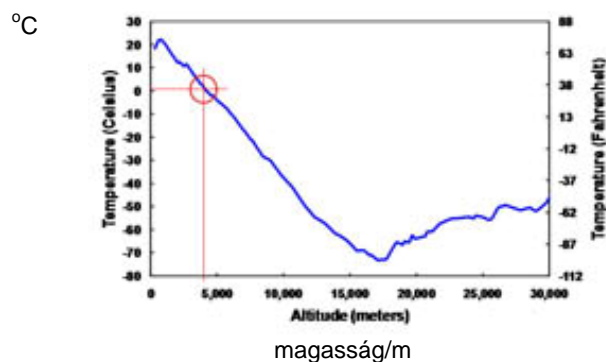
1. Testhőmérséklet pl. a kézfejen
2. Hűtőszekrény belsejének hőmérséklete pl. a mélyhűtő részben
3. Olvadó jég mérése pl. havon, gleccseren

### 2. Tiszta égbolt hőmérsékletének mérése nappal és éjszaka

Mérjük meg az IR hőmérővel a tiszta égbolt hőmérsékletét nappal és éjjel a zenit közelében.

időpont, nap, óra		hőmérséklet/ °C
	nappal felhőtlen égbolt	
	a talaj hőmérséklete	
	éjszaka felhőtlen égbolt	
	a talaj hőmérséklete	

A légkör hőmérséklet-méréseknél az IR hőmérő által mutatott adat egy átlagérték, a hőmérő által befogott kúpos térrész hőmérsékletének átlaga. A légkör valóságos hőmérséklete változik a magassággal. A meteorológiai ballonos hőmérsékletet és az IR hőmérővel mért hőmérsékletet az alábbi ábra (készült 2008. szeptember 21-én Texasban) veti össze. Látható, hogy az IR hőmérővel mért látszólagos hőmérséklet (egy kör jelzi) a kb. 4000 m magasságban érvényes tényleges hőmérsékletnek felel meg. Ezt a látszólagos hőmérsékletet nevezzük a továbbiakban az „égbolt hőmérsékletének”, és ezt hasonlítjuk össze a különböző körülmények között.



### 3. Tiszta égbolt és a felhő hőmérsékletének mérése

Mérjük meg az IR hőmérővel nappal a tiszta égbolt hőmérsékletét a zenit közelében, és mérjük meg ugyanakkor egy közelben lévő kumuluszfelhő hőmérsékletét is.

időpont, nap, óra		hőmérséklet/ °C
	nappal felhőtlen égbolt	
	nappal kumulusz felhő	

### 4. Az égbolt hőmérséklete a horizonttól mért szög függvényében

Mérjük meg tiszta égbolt esetén az égbolt hőmérsékletét a horizonttól horizontig a zeniten át 180°-ban 10° lépésekben. A szöget az IR hőmérő oldalára erősített egyszerű szögmérővel és

egy függőnáll állíthatjuk be. Ha mód van rá, végezzük el a mérést lakó- vagy ipari környezetben és ilyenektől távoli terepen. A mérést ne délben végezzük el.

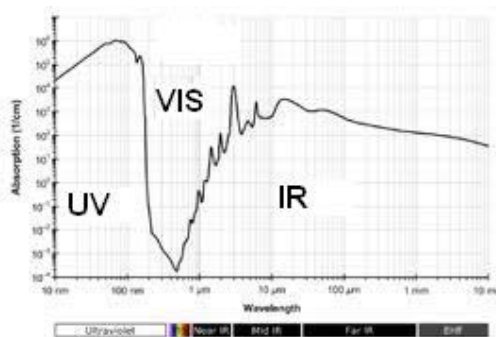
szög	hőmérséklet/ °C

## Kiértékelés

### 2. mérés

A légkörön kívül a világűrben a hőmérséklet kb.  $-270\text{ °C}$  körül van, az égbolt mért hőmérséklete ennél sokkal nagyobb nappal és éjszaka egyaránt. A felhők, valamint a földfelszín hőmérséklete ennél jelentősen nagyobb. Ennek oka a légköri üvegházhatás. Az üvegházhatású gázok – mint a troposzférában (10 – 15 km magasságig) jelen lévő víz – abszorbeálja a földfelszín által kisugárzott IR sugárzást, így a Föld hőmérséklete az élhető zónában marad. A légköri üvegházhatás nélkül a Föld átlagos hőmérséklete  $-30\text{ °C}$  körül lenne (J. Tyndall, 1863). A vízgőz a legfontosabb üvegházhatású gáz. Ehhez járul hozzá a  $\text{CO}_2$ , a metán, a dinitrogén-oxid, az ózon és más gázok, további üvegházhatást okozva.

az abszorpció mértéke



hullámhossz

A víz abszorpció spektruma

### 3. mérés

A felhő hőmérséklete sokkal magasabb, mint a tiszta égbolté. A felhőalap hőmérséklete a víz kondenzációja miatt megegyezik a harmatponttal. Ha a levegő relatív páratartalma 100% fölé emelkedik a hőmérséklet-csökkenés miatt, akkor a benne levő pára kicsapódik, megjelennek a felhőelemek. A harmatpont a levegőnek az a hőmérséklete, amelyen az adott nedvességtartalmú levegő a folyékony vízre nézve telítetté válik. A mért hőmérséklet alapján megbecsülhetjük a felhőnél a levegő abszolút páratartalmát.

Léghőmérséklet/°C	-20	-15	-10	-5	-3	0	3	5	10	15
Víztartalom/(g/m <sup>3</sup> )	1,1	1,6	2,4	3,4	3,8	4,8	6,0	6,8	9,4	12,8

### 4. mérés

A horizonthoz közel a hőmérséklet magasabb, mint a zenit közelében. Ez természetes, hiszen a levegő hőmérséklete a magassággal csökken, s egyre inkább az alsó légréteget mérjük. A magasabb hőmérséklet kialakításában szerepet játszhat a hőszennyezés is.

A kiértékelést valamely, rendelkezésünkre álló számítógépes programmal (pl. az ORIGIN 3.5 verziója) végezzük. Az összegyűjtött adatokból szerkesszük meg (ábrázoljuk) a hőmérséklet – horizonttól vett magasság (szög) függvényét. Illesszünk rá parabolát.

ORIGIN 3.5 használata esetén a lépések:

Plot / scatter /

Fit / polynomial regression /order 2

Tengelyfeliratok, vonalvastagság beállítása