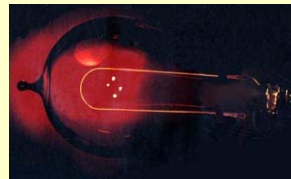


A fény keletkezése



Hőmérsékleti sugárzás

Lumineszcencia

Lézer

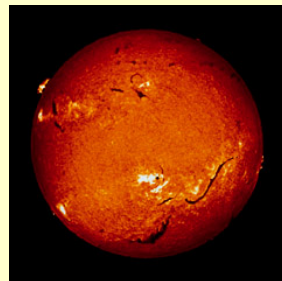


Hőmérsékleti sugárzás

- Tapasztalat: a forró testek



látható fényt
bocsátanak ki

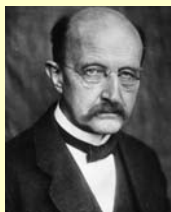


Hőmérsékleti sugárzás

*Környezetének hőfokától függetlenül **minden test minden,**
abszolút nulla foktól különböző **hőmérsékleten**
elektromágneses sugárzást bocsát ki.*

Forrása: rezgő töltés – „oszcillátor”

A rezgési energia kvantált természetű,
csak meghatározott értékkel változhat.



Planck (1900)

$$E = hf$$

f : az oszcillátor frekvenciája

h : Planck-állandó

A rezgési energia változása
elektromágneses sugárzás elnyelésével
illetve kibocsátásával jár.

Kirchhoff megfigyelése: testre jellemző **abszorpciós tényező**

$$\alpha = \frac{J_{\text{absz}}}{J_{\text{össz}}}$$

hullámhosszról hullámhosszra változhat

Abszolút fekete test: minden rá eső energiát elnyel

$$\alpha = 1$$

Kirchhoff megfigyelése: ha egy test „erősebben” sugároz, akkor
jobban el is nyel

M : kisugárzott felületi
teljesítmény [W/m^2]

$$\frac{M_{\lambda i}}{M_{\lambda j}} = \frac{\alpha_{\lambda i}}{\alpha_{\lambda j}}$$

i : tetszőleges test
 j : abszolút fekete test

$$\alpha_{\lambda j} = 1$$

$$\alpha_{\lambda i} < 1$$

$$M_i < M_{\lambda(\text{fekete})}$$

Az abszolút fekete test által kisugárzott felületi teljesítmény a legnagyobb

$$\alpha_{\lambda(\text{fekete})} = 1$$

$$\alpha_{\lambda j} < 1$$

$$M_{\lambda j} < M_{\lambda(\text{fekete})}$$

Az abszolút fekete test kisugárzott felületi teljesítménye a legnagyobb

Az emberi test kb. 95%-os fekete testnek tekinthető

A hőmérsékleti sugárzás emissziós spektruma

- a spektrum folytonos

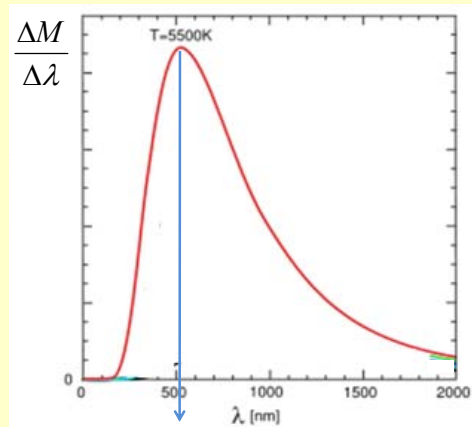
- egy maximuma van :

$$\lambda_{\max}$$

- a görbe alatti terület:

$$M = \sigma T^4$$

Összes kisugárzott felületi teljesítmény



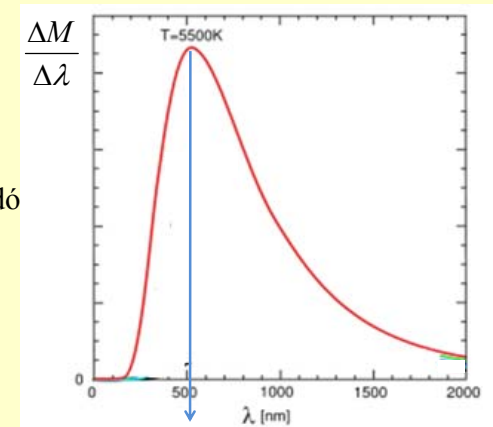
λ_{\max}

Stefan – Boltzmann törvény

$$M_{\text{fekete}(T)} = \sigma T^4$$

Stefan – Boltzmann -állandó

$$\sigma = 5.7 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$$



λ_{\max}

A hőmérsékleti sugárzás szerepe a hőleadásban

$$\Delta M = \sigma(T_{\text{test}}^4 - T_{\text{környezet}}^4)$$

Befolyásolja a sugárzó test

-hőmérséklete

-felszínének területe

-a környezet/a környező tárgyak hőmérséklete

Betekintés a hőszabályozásba

Hőtermelés + hőfelvétel = hőleadás

A szervezet hőszabályozástól független hőtermelése:
alapanyagcsere
izommunka
szekréció
stb

Csak a hőszabályozás érdekében termelt + hő

Sugárzás

Vezetés

Áramlás

Nem szabályozható

Sugárzás

Vezetés

Áramlás

Párolgás

Betekintés a hőszabályozásba

Hőtermelés + hőfelvétel = hőleadás



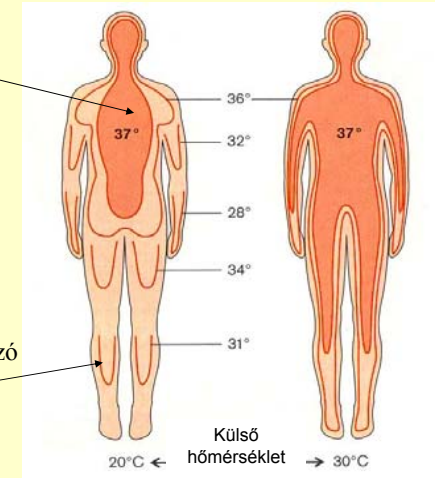
Maghőmérséklet ↔ környhőmérséklet

Maghőmérséklet : 37°C

agy, szív/mellkas, hasüreg

Környhőmérséklet: változó

bőr, bőr alatti kötőszövet,
végtagok...



Milyen kihívások lehetnek a szabályozás számára?

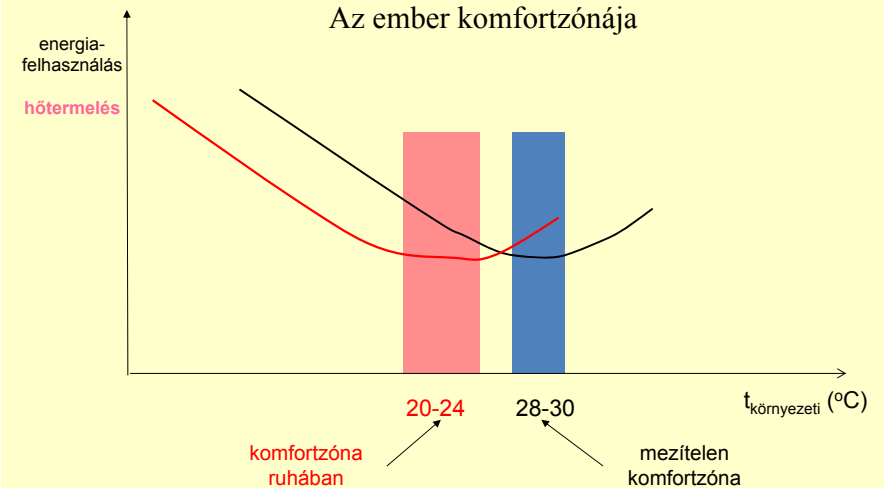
1/ A környezeti hőmérséklet az **optimálisnál** alacsonyabb

2/ A környezeti hőmérséklet az **optimálisnál** magasabb

optimális : komfort hőmérsékleti zóna

nincs szükség extra energiára
sem a testhőmérséklet emeléséhez,
sem csökkentéséhez

Az ember komfortzónája



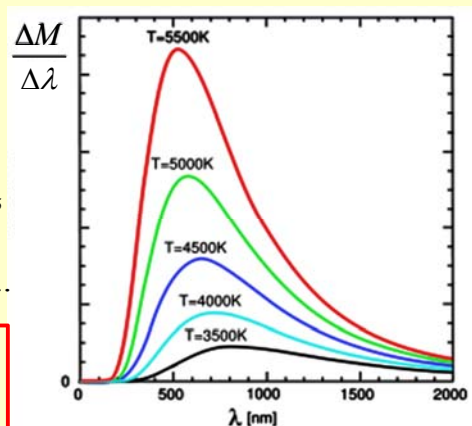
Az emissziós spektrum változása a test hőmérsékletével

$$T_1 > T_2 > T_3 > T_4 > T_5$$

$$M_1 > M_2 > M_3 > M_4 > M_5$$

$$\lambda_{\max 1} < \lambda_{\max 2} < \lambda_{\max 3} < \dots$$

$$T \times \lambda_{\max} = \text{állandó}$$



Wien-féle eltolódási törvény

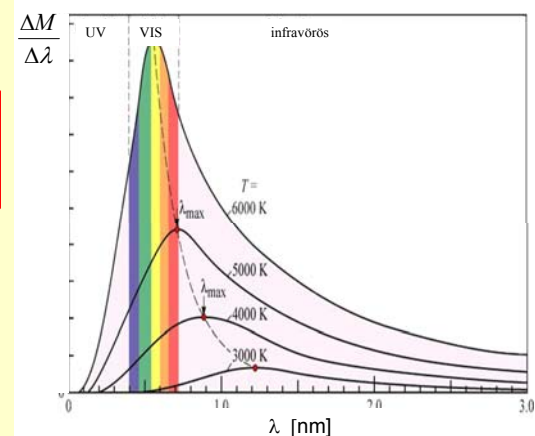
$$T \times \lambda_{\max} = k$$

$$k = 2.898 \times 10^6 [\text{nm} \times \text{K}]$$

$$T_{\text{köpeny}} \approx 305 [\text{K}]$$

$$\lambda_{\max} \approx 9500 [\text{nm}]$$

700 K testhőmérséklet alatt a sugárzás nem látható



Alkalmazások

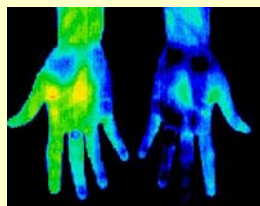
1. Hőmérsékleti sugárzás detektálása teletermográfia - infradiagnosztika

A köpeny hőtérképe – daganatok, gyulladások,
érszűkületek diagnosztikája

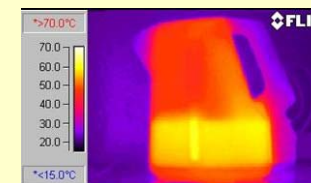
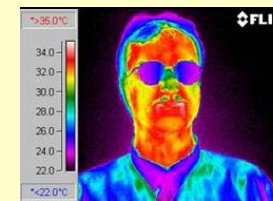
Wien-féle eltolódás alapján az emberi test spektrumának
maximuma

$$\lambda_{\text{peak}} = \frac{2.898 \times 10^6 \text{ K} \cdot \text{nm}}{305 \text{ K}} = 9500 \text{ nm}$$

Emberi hőtérképek készítésében alkalmazott készülékek érzékenységi
maximuma: **7-14 microméter**



Normal és infrakamerával készült felvételek

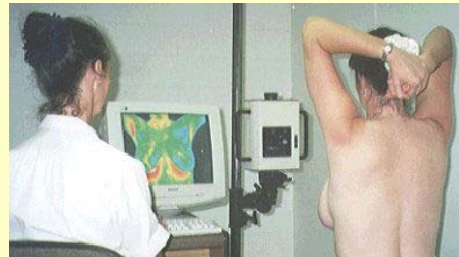
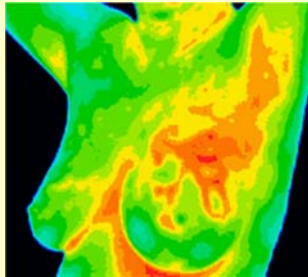


A termográfia alkalmazásának szakterületei:

sportegészségügy
reumatológia
emlőrák diagnosztika
fogászat
neurológia

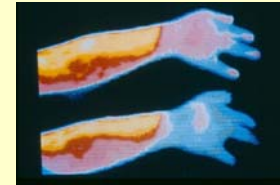


thermal camera

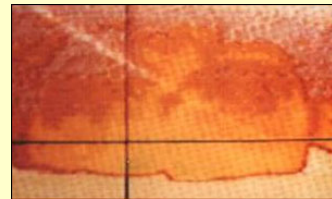
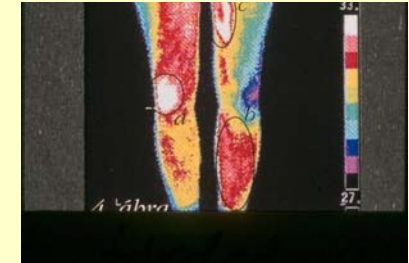


Vérellátottság megváltozása

dohányzás

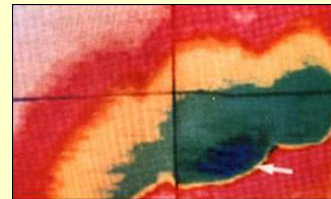


gyulladás vagy trombózis



Oral maxillo-facial thermography – temperature gradient for normal teeth

Maxillo-faciális termográfia –
egészséges fog hőmérsékleti
térképe



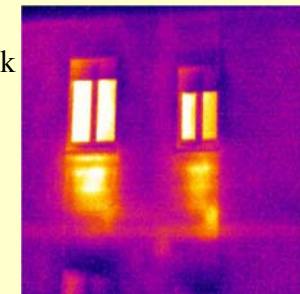
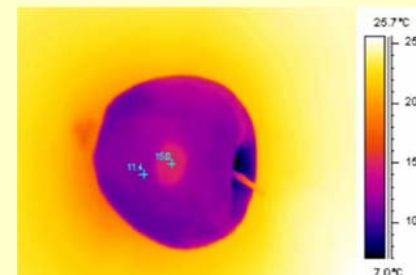
Thermogram of a non-vital tooth

Maxillo-faciális termográfia –
elhalt fog hőmérsékleti
térképe

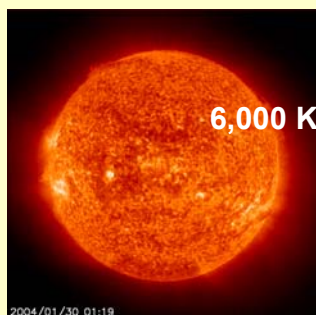
J Dent Oral Med 13 (2011), Nr. 4

Nem orvosi célú felhasználási területek

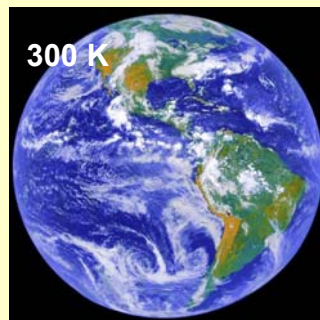
Szigeteléstechika



Élelmiszeripar



Csillagászat



| | T (K) | λ_{\max} (μm) | Spektrum- tartomány | M (W/m ²) |
|------|----------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Nap | 6000 | 0.5 | VIS | 7×10^7 |
| Föld | 300 | 10 | infravörös | 460 |

Alkalmazások

2. Hőmérsékleti sugárzó fényforrások

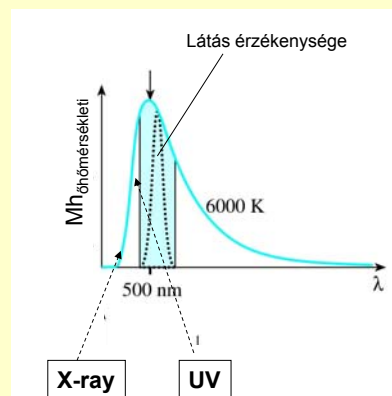


Hőmérsékleti sugárzó fényforrások

A NAP

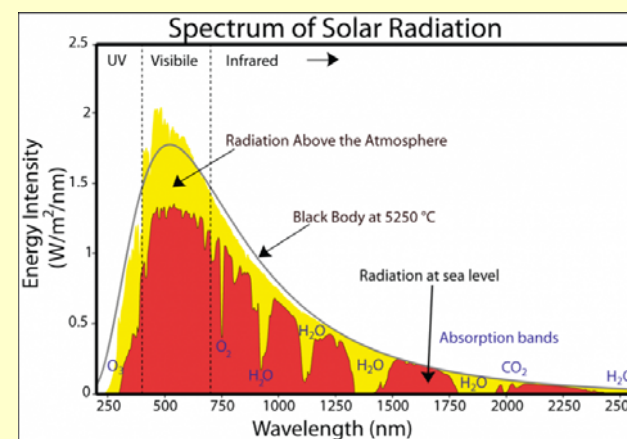
hőmérsékleti sugárzásának
40 % esik a látható
tartományba.

λ_{\max} közel van a szem
legnagyobb
érzékenységehez



Spektrum a Föld felszínén:
 $\lambda < 290 \text{ nm}$ -t a légkör kiszűri

A napsugárzás spektruma és módosulása a légkörben



Izzólámpa

Metal filaments in a glass bulb heated to high temperature to approach the spectrum of the Sun.

Villanykörte

Wolfram 3000 K

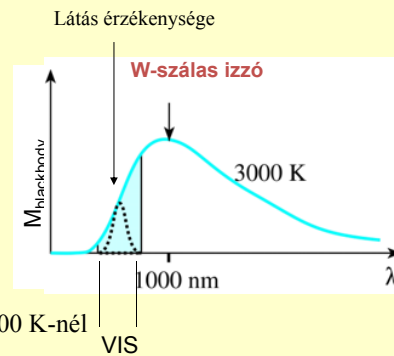
Infralámpa

Wolfram 1300 K

Sollux lámpa

W-nál nagyobb teljesítmény $T > 3300$ K-nél
hosszú hullámhosszú IR kiszűrése
UV szűrés, ill.

UV -> UVA for tanning



Seasonal Affective Disorder (S.A.D.)

kezelése

5000 K hőmérsékletű sugárzó fényforrás ($\lambda_{\text{max}} = 580$ nm)

UV szűrővel

(Nap: kb 6000 K, $\lambda_{\text{max}} = 480$ nm)



A megvilágítás erőssége:

max . 5 - 10 ezer lux

(normál munkahelyi világítás

kb 50-100 lux,

tűző napsütés kb 10^5 lux)

Kezelési idő: 10 – 15 perc / nap



A hét kérdése

Miért nem látható az emberi test által emittált hőmérsékleti sugárzás?

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 2.2

2.2.1

2.2.2

2.2.6