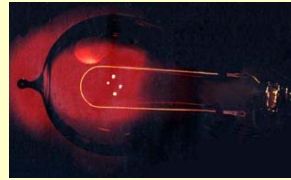


## A fény keletkezése



Hőmérsékleti sugárzás

Lumineszcencia

Lézer

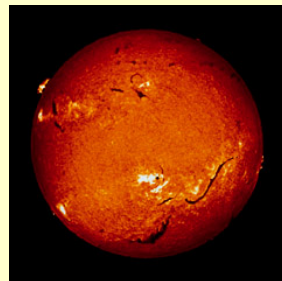


## Hőmérsékleti sugárzás

- Tapasztalat: a forró testek



látható fényt  
bocsátanak ki

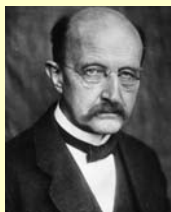


## Hőmérsékleti sugárzás

*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 [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

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

$i$ : 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

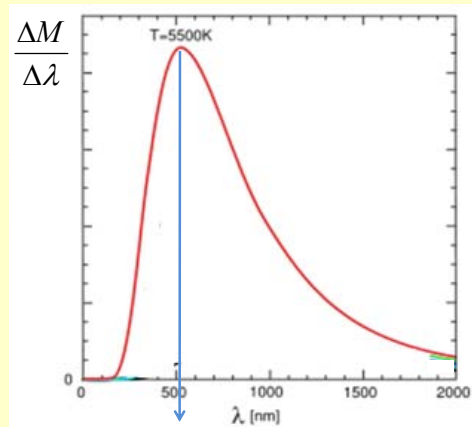
- egy maximuma van :

$$\lambda_{\max}$$

- a görbe alatti terület:

$$M = \sigma T^4$$

Összes kisugárzott felületi teljesítmény



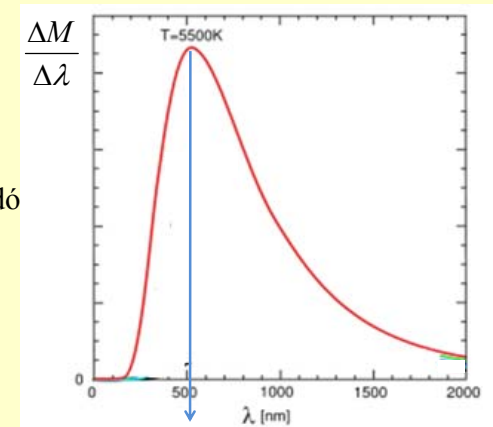
$\lambda_{\max}$

## Stefan – Boltzmann törvény

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

Stefan – Boltzmann -állandó

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



$\lambda_{\max}$

## 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



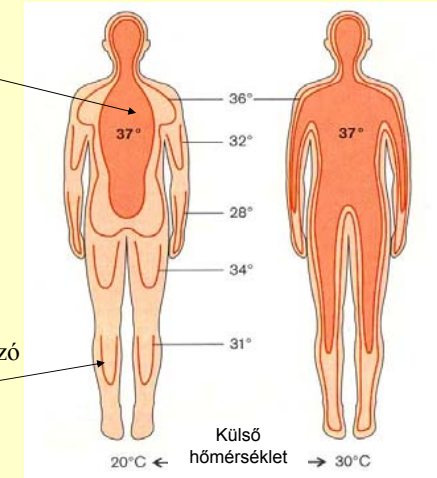
## Maghőmérséklet ↔ környhőmérséklet

Maghőmérséklet :  $37^{\circ}\text{C}$

agy, szív/mellkas, hasüreg

Környhőmérséklet: változó

bőr, bőr alatti kötőszövet,  
végtagok...



## Milyen kihívások lehetnek a szabályozás számára?

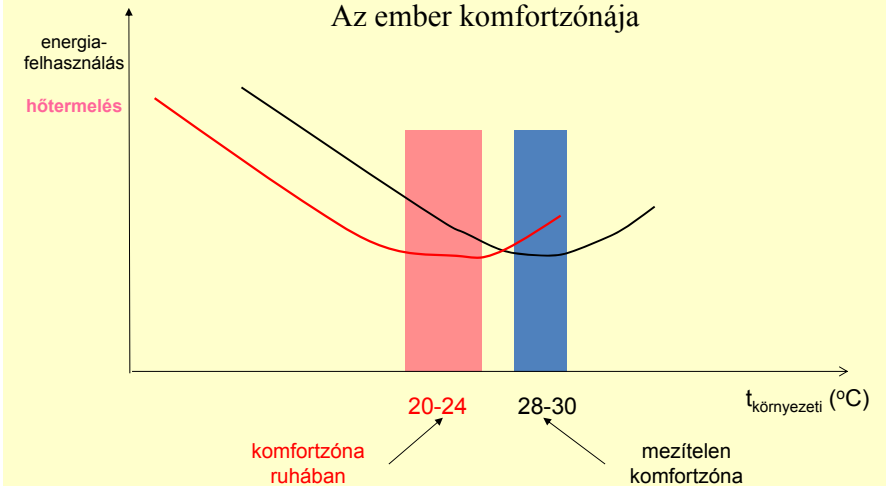
1/ A környezeti hőmérséklet az **optimálisnál** alacsonyabb

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

**optimális** : komfort hőmérsékleti zóna

nincs szükség extra energiára  
sem a testhőmérséklet emeléséhez,  
sem csökkentéséhez

## Az ember komfortzónája



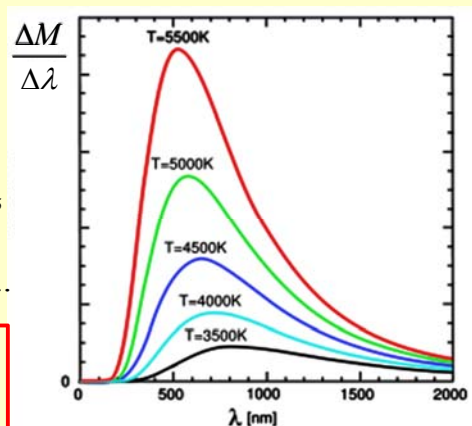
## Az emissziós spektrum változása a test hőmérsékletével

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

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

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

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



## Wien-féle eltolódási törvény

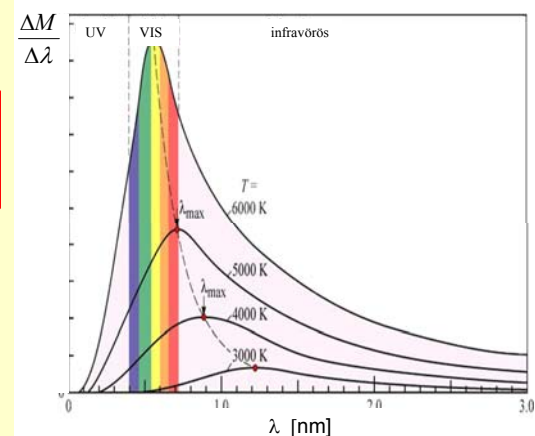
$$T \times \lambda_{\max} = k$$

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

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

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

700 K testhőmérséklet alatt a sugárzás nem látható



## Alkalmazások

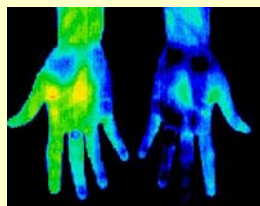
### 1. Hőmérsékleti sugárzás detektálása teletermográfia - infradiagnosztika

A köpeny hőtérképe – daganatok, gyulladások,  
érszűkületek diagnosztikája

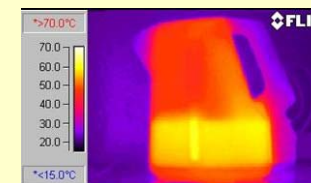
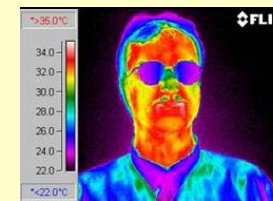
Wien-féle eltolódás alapján az emberi test spektrumának  
maximuma

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

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



### Normal és infrakamerával készült felvételek

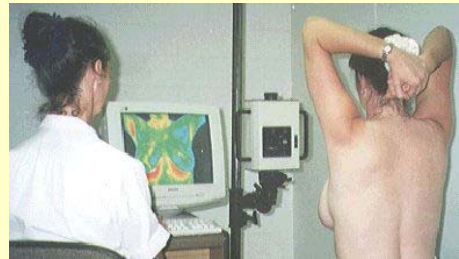
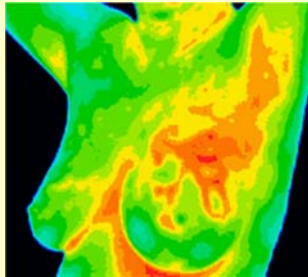


## A termográfia alkalmazásának szakterületei:

sportegészségügy  
reumatológia  
emlőrák diagnosztika  
fogászat  
neurológia

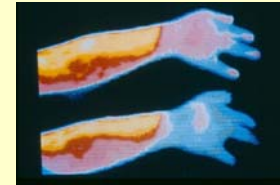


thermal camera

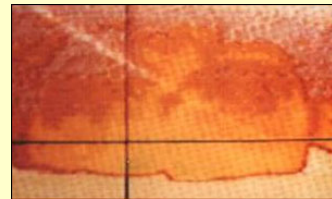
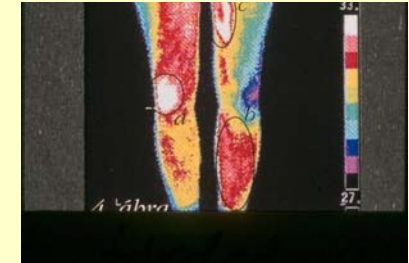


## Vérellátottság megváltozása

dohányzás

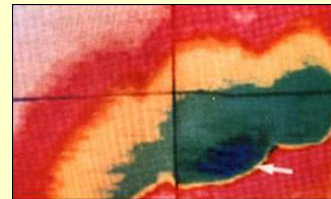


gyulladás vagy trombózis



Oral maxillo-facial thermography – temperature gradient for normal teeth

Maxillo-faciális termográfia –  
egészséges fog hőmérsékleti  
térképe



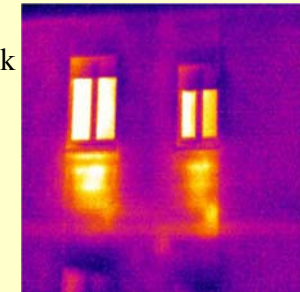
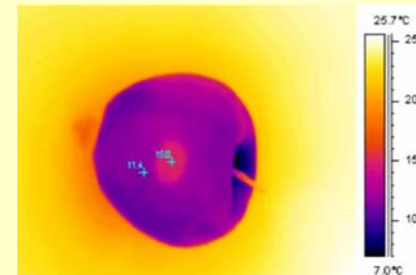
Thermogram of a non-vital tooth

Maxillo-faciális termográfia –  
elhalt fog hőmérsékleti  
térképe

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

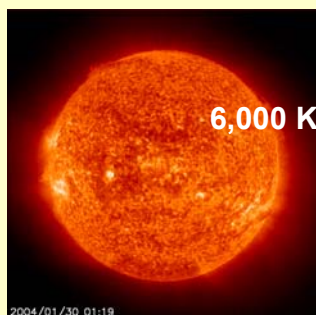
## Nem orvosi célú felhasználási területek

Szigeteléstechika

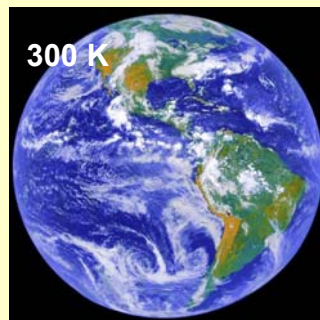


Élelmiszeripar





Csillagászat



	T (K)	$\lambda_{\max}$ ( $\mu\text{m}$ )	Spektrum- tartomány	M (W/m <sup>2</sup> )
Nap	6000	0.5	VIS	$7 \times 10^7$
Föld	300	10	infravörös	460

## Alkalmazások

### 2. Hőmérsékleti sugárzó fényforrások

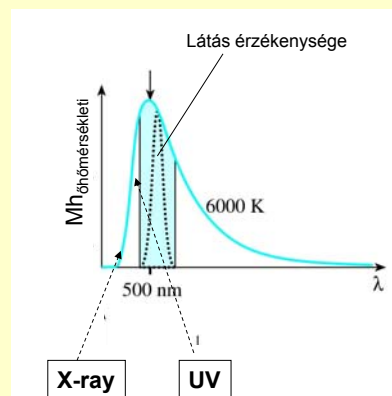


## Hőmérsékleti sugárzó fényforrások

### A NAP

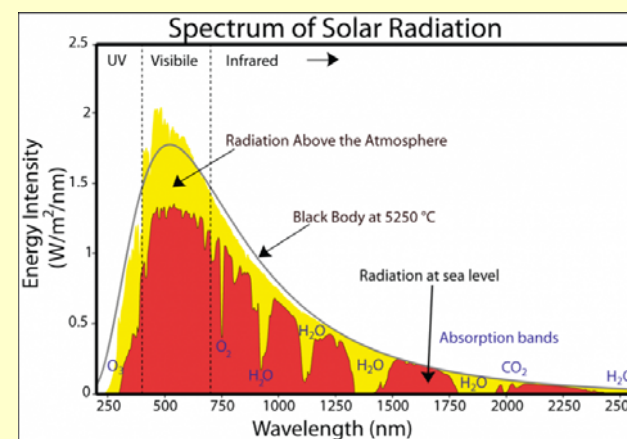
hőmérsékleti sugárzásának  
40 % esik a látható  
tartományba.

$\lambda_{\max}$  közel van a szem  
legnagyobb  
érzékenységéhez



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

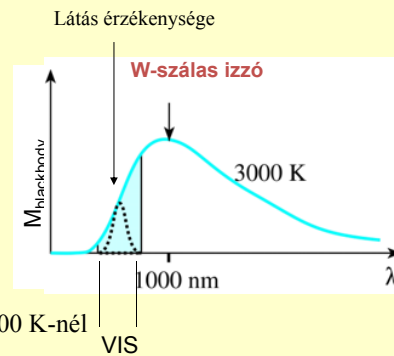
Infralámpa

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 ( $\lambda_{\max} = 580$  nm)

UV szűrővel

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