

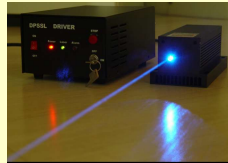
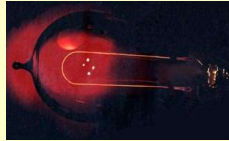
## A fény keletkezése



Hőmérsékleti sugárzás

Lumineszcencia

Lézer

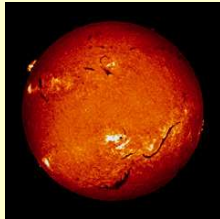


## Hőmérsékleti sugárzás

- Tapasztalat: a forró testek



látható fényt  
bocsátanak ki

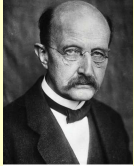


## Hőmérsékleti sugárzás

*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<sup>2</sup>]

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

$i$ : 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**

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

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

**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

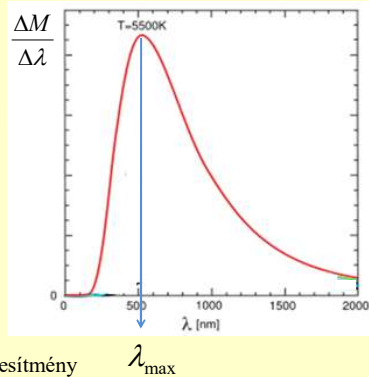
- egy maximuma van :

$$\lambda_{\max}$$

- a görbe alatti terület:

$$M = \sigma T^4$$

Összes kisugárzott felületi teljesítmény

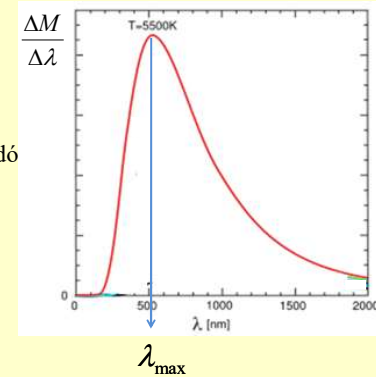


### Stefan – Boltzmann törvény

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

Stefan – Boltzmann -állandó

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



### 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

Mennyi energiát veszít sugárzás révén 1 óra alatt az az ember, akinek testfelülete 0,8 m<sup>2</sup>, ha a környezet hőmérséklete 20 °C? A bőrfelület hőmérséklete 27 °C. (120 kJ)

$$T_1 = 300K$$

$$T_2 = 293K$$

$$\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$

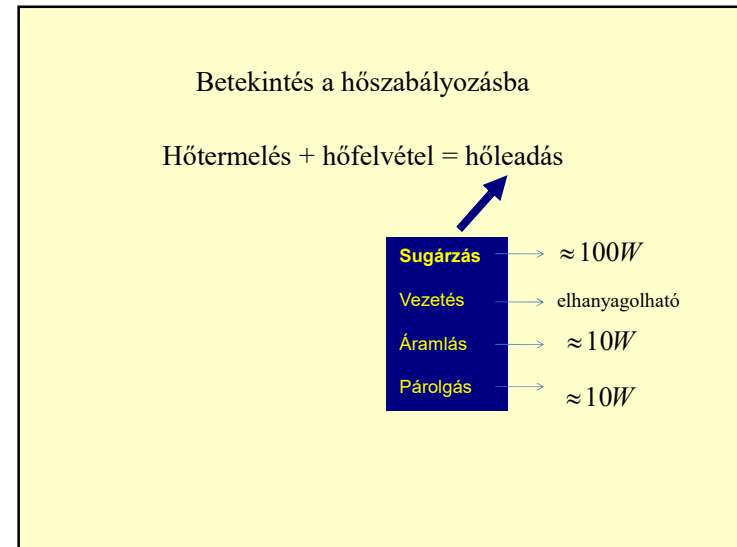
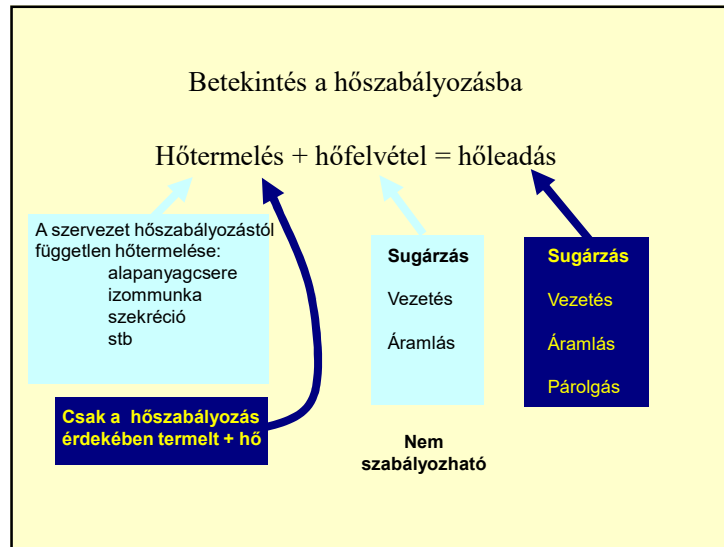
$$\Delta M = \sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

$$\Delta M = \sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

$$\Delta M = 41,6 \text{ Wm}^{-2}$$

$$E = \Delta M \cdot T \cdot A$$

$$E = 119 \text{ J}$$



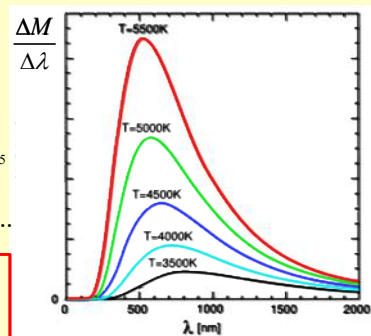
### Az emissziós spektrum változása a test hőmérsékletével

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

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

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

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



### Wien-féle eltolódási törvény

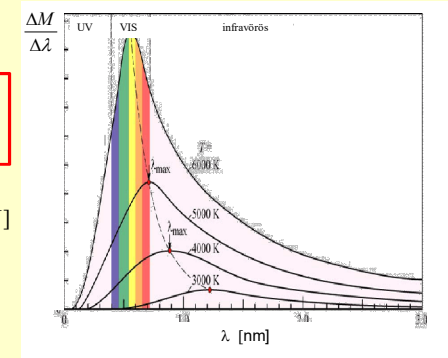
$$T \times \lambda_{\max} = k$$

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

$$T_{\text{köpeny}} \approx 305 [K]$$

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

700 K testhőmérséklet alatt a sugárzás nem látható



## Alkalmazások

### 1. Hőmérsékleti sugárzás detektálása teletermográfia - infradiagnosztika

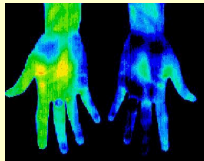
A köpeny hőtérképe – daganatok, gyulladások,  
érszűkületek diagnosztikája

Wien-féle eltolódás alapján az emberi test spektrumának

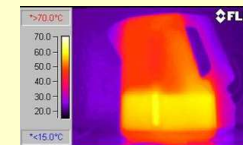
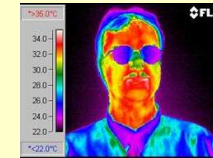
maximuma

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

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



### Normal és infrakamerával készült felvételek

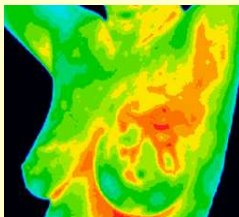


A termográfia alkalmazásának szakterületei:

sportegészségügy  
reumatológia  
emlőrák diagnosztika  
fogászat  
neurológia



thermal camera

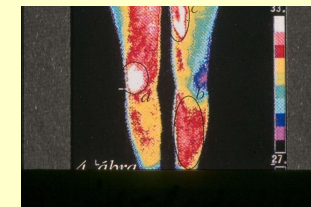


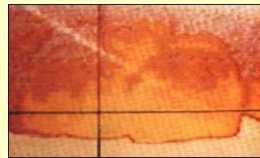
### Vérellátottság megváltozása

dohányzás



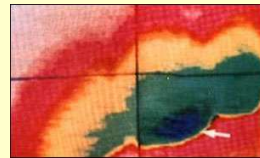
gyulladás vagy trombózis





Oral maxillo-facial thermography – temperature gradient for normal teeth

Maxillo-faciális termográfia – egészséges fog hőmérsékleti térképe

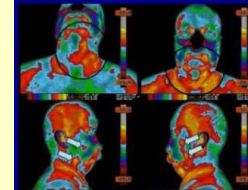


Thermogram of a non-vital tooth

Maxillo-faciális termográfia – elhalt fog hőmérsékleti térképe

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

### Root Canal.... Infection...Heart Attack?

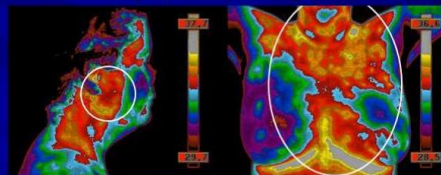


This 72 year old male had experienced innumerable root canals and decades of dental work which was completed in 1998.

When thermally imaged in 2009, he was free of symptoms or concerns for his teeth and therefore surprised when his thermal imaging revealed signs consistent with dental issues and infection.

Afterwards, he obtained a second opinion from a dentist very experienced with diagnosing/treating infections. Not only were three tooth infections diagnosed, but this male also learned that tooth #18 could have contributed to his heart attack two years earlier.

### Wisdom Teeth Extraction... Cavitation... Lymphatic Drainage



This 54 year old female reported depleting energy levels and concern for developing auto-immune disorders if the source of her chronic fatigue could not be resolved. Her thermal imaging revealed signs consistent with potential dental issues and infection with lymphatic involvement/drainage into the chest. Note the excess heat and thermal patterns along the left chest. While her follow-up tests were normal for the breast, her dentist diagnosed 2 cavitations in her right jaws - in wisdom teeth sockets where the teeth had been extracted twenty years earlier.

### Root Canal... Infection

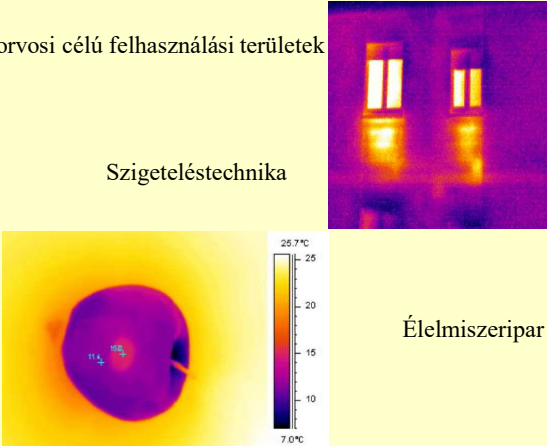


This female had no concerns regarding her oral health. Note the significant heat/thermal finding at "B", which is consistent with an active lymph node, among other things. In the event of an underlying tooth infection, she sought dentistry to determine the cause of this finding. Dental xray of tooth #18 indicated abnormality at "C", consistent with infection. This tooth had previously undergone root canal and was crowned. Months of treatment to improve the health of the tooth proved unsuccessful, and the tooth was extracted. After extraction, a contributing factor/likely cause of infection was observed: a long/vertical fracture/crack at "D". Note the soft tissue infection between the roots on the opposite side of the tooth at "E".

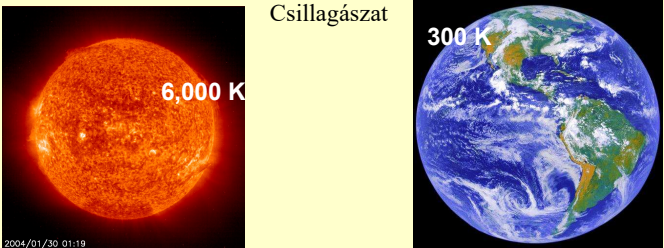
Nem orvosi célú felhasználási területek

Szigeteléstechika

Élelmiszeripar



Csillagászat



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

Alkalmazások

2. Hőmérsékleti sugárzó fényforrások

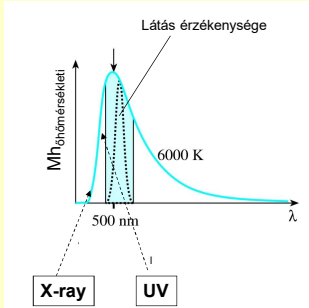


**Hőmérsékleti sugárzó fényforrások**

**A NAP**

hőmérsékleti sugárzásának 40 % esik a látható tartományba.

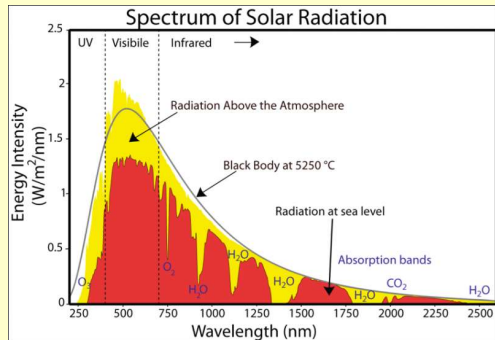
$\lambda_{\max}$  közel van a szem legnagyobb érzékenységehez



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



### A napsugárzás spektruma és módosulása a légkörben



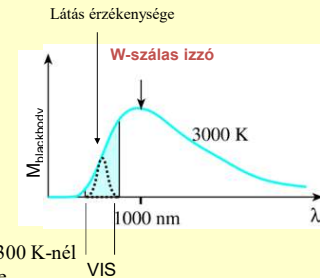
### Izzólámpa

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  $\rightarrow$  UVA for tanning



### Seasonal Affective Disorder (S.A.D.)

kezelése

5000 K hőmérsékleti 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





Kapcsolódó fejezetek:

*Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika*

II. 2.2

2.2.1

2.2.2

2.2.6