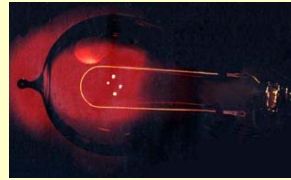


A fény keletkezése



Hőmérsékleti sugárzás

Lumineszcencia

Lézer

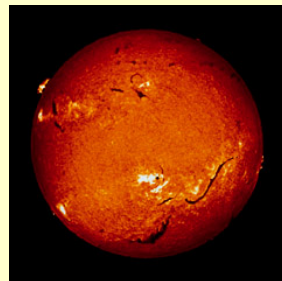


Hőmérsékleti sugárzás

- Tapasztalat: a forró testek



látható fényt
bocsátanak ki

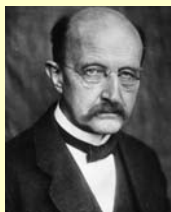


Hőmérsékleti sugárzás

*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

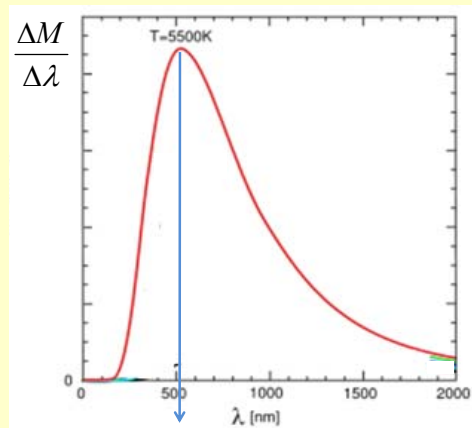
- egy maximuma van :

$$\lambda_{\max}$$

- a görbe alatti terület:

$$M = \sigma T^4$$

Összes kisugárzott felületi teljesítmény



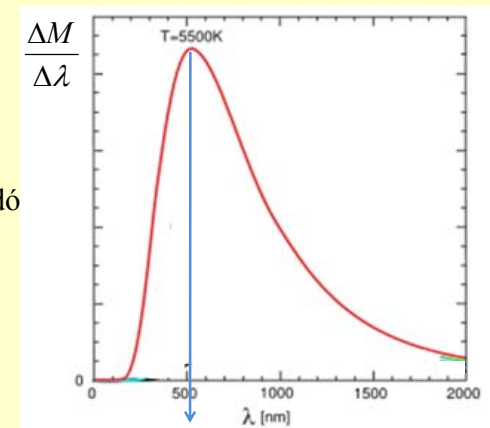
λ_{\max}

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

Mennyi energiát veszít sugárzás révén 1 óra alatt az az ember, akinek testfelülete 0,8 m², ha a környezet hőmérséklete 20 °C? A bőrfelület hőmérséklete 27 °C.
(120 kJ)

$$T_1 = 300K$$

$$T_2 = 293K$$

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

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

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

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

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

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

Betekintés a hőszabályozásba

$$\text{Hőtermelés} + \text{hőfelvétel} = \text{hőleadás}$$

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

$$\text{Hőtermelés} + \text{hőfelvétel} = \text{hőleadás}$$

Sugárzás

$\approx 100W$

Vezetés

→ elhanyagolható

Áramlás

$\approx 10W$

Párolgás

$\approx 10W$

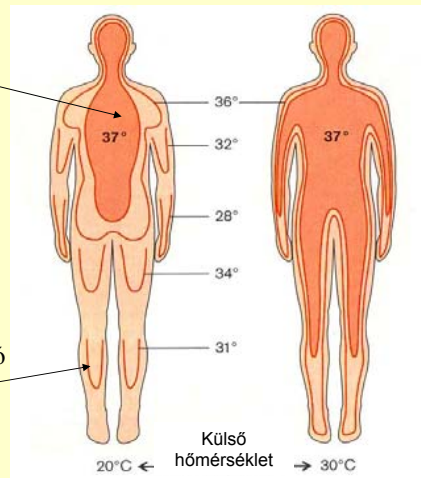
Maghőmérséklet \leftrightarrow környékhőmérséklet

Maghőmérséklet : 37 °C

agy, szív/mellkas, hasüreg

Környékhőmérséklet: változó

bőr, bőr alatti kötőszövet, végtagok...



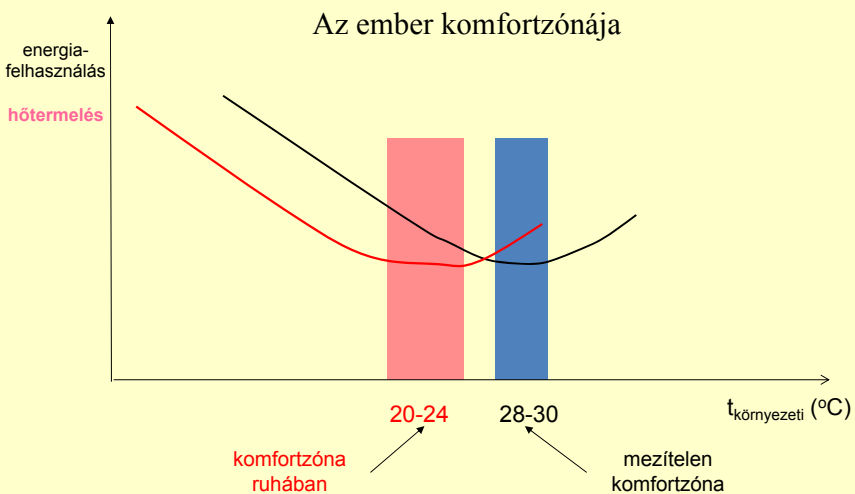
Milyen kihívások lehetnek a szabályozás számára?

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



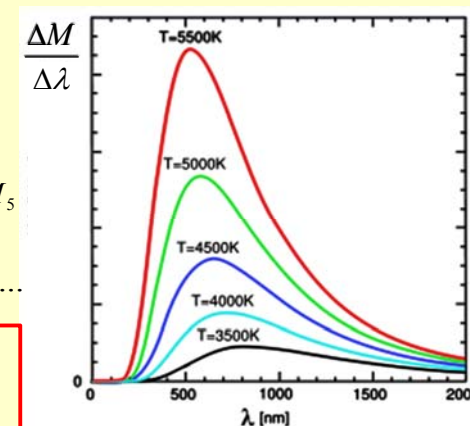
Az emissziós spektrum változása a test hőmérsékletével

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

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

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

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



Wien-féle eltolódási törvény

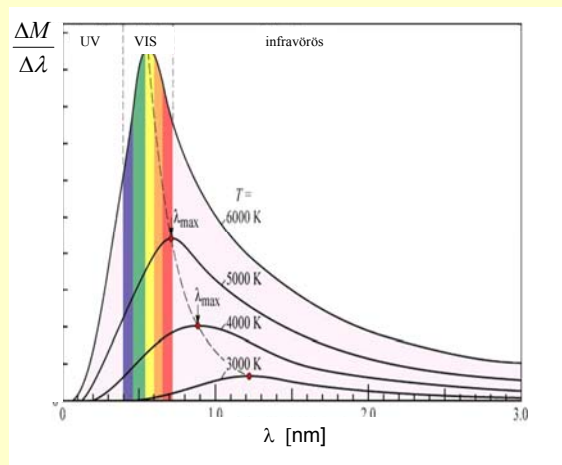
$$T \times \lambda_{\max} = k$$

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

$$T_{\text{köpeny}} \approx 305 [K]$$

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

700 K testhőmérséklet alatt a sugárzás nem látható



Alkalmazások

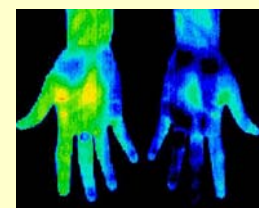
1. Hőmérsékleti sugárzás detektálása teletermográfia - infradiagnostika

A köpeny hőtérképe – daganatok, gyulladások,
érszűkületek diagnosztikája

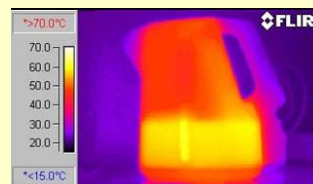
Wien-féle eltolódás alapján az emberi test spektrumának
maximuma

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

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



Normal és infrakamerával készült felvételek

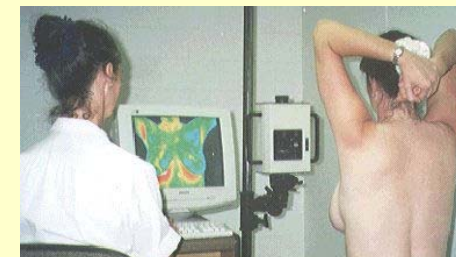
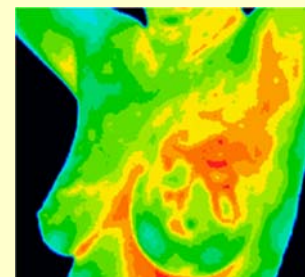


A termográfia alkalmazásának szakterületei:

sportegészségügy
reumatológia
emlőrák diagnosztika
fogászat
neurológia

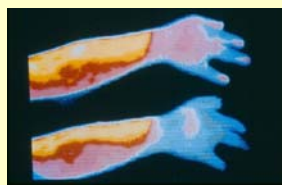


thermal camera

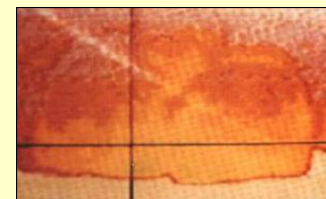
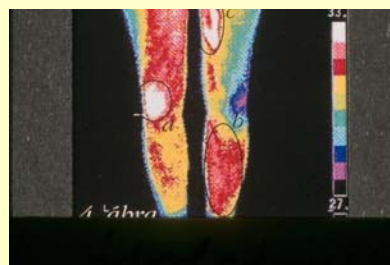


Vérellátottság megváltozása

dohányzás

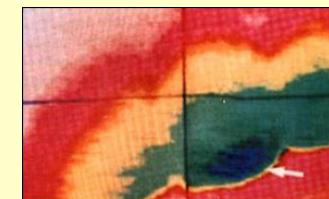


gyulladás vagy trombózis



Oral maxillo-facial thermography – temperature gradient for normal teeth

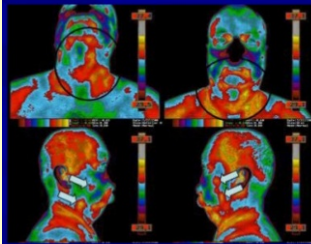
Maxillo-faciális termográfia –
egészséges fog hőmérsékleti
térképe



Thermogram of a non-vital tooth

Maxillo-faciális termográfia –
elhalt fog hőmérsékleti
térképe

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

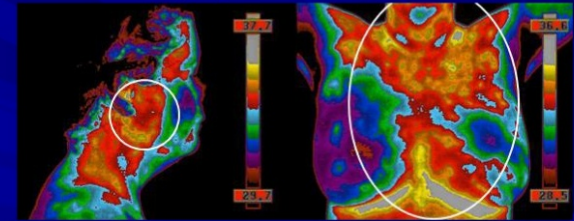


This 72 year old male had experienced innumerable root canals and decades of dental work which was completed in 1998.

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.

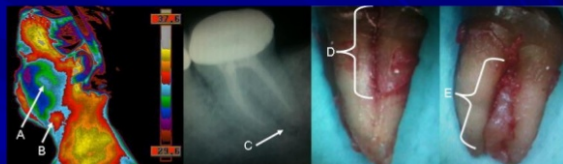
Afterwards, he obtained a second opinion from a dentist very experienced with diagnosing/treating infections. Not only were three tooth infections diagnosed, but this male also learned that tooth #18 could have contributed to his heart attack two years earlier.

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.

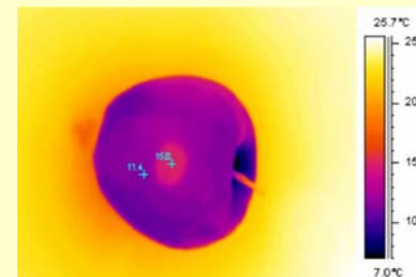
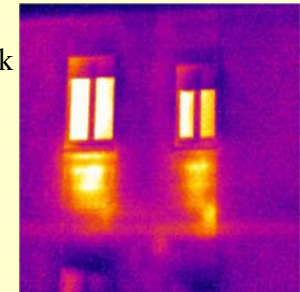
Root Canal... Infection



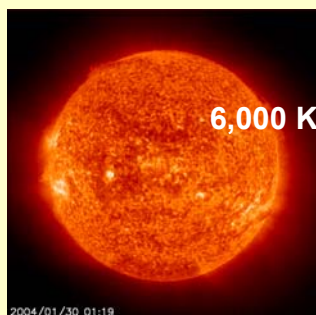
This female had no concerns regarding her oral health. Note the significant heat/thermal finding at "B", which is consistent with an active lymph node, among other things. In the event of an underlying tooth infection, she sought dentistry to determine the cause of this finding. Dental xray of tooth #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

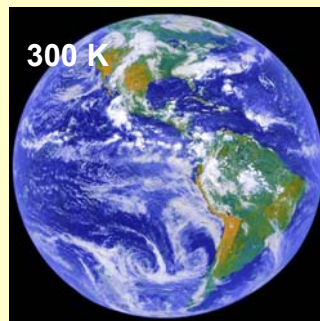
Szigeteléstechika



Élelmiszeripar



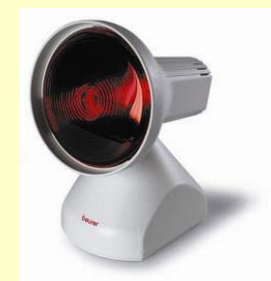
Csillagászat



	T (K)	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

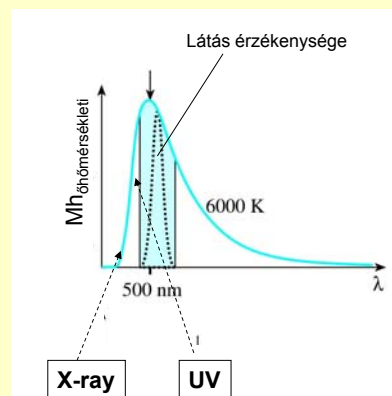


Hőmérsékleti sugárzó fényforrások

A NAP

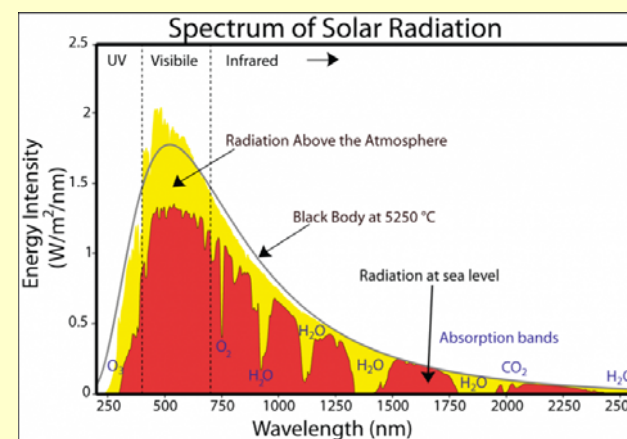
hőmérsékleti sugárzásának
40 % esik a látható
tartományba.

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

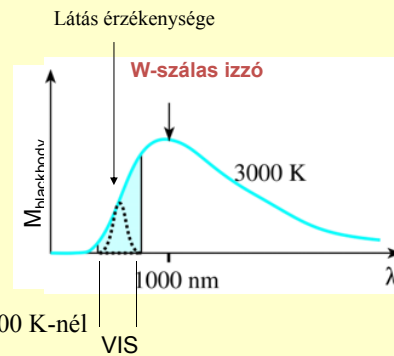
Infralámpa

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 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



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