

10-08-2020 Thu 19:12:09



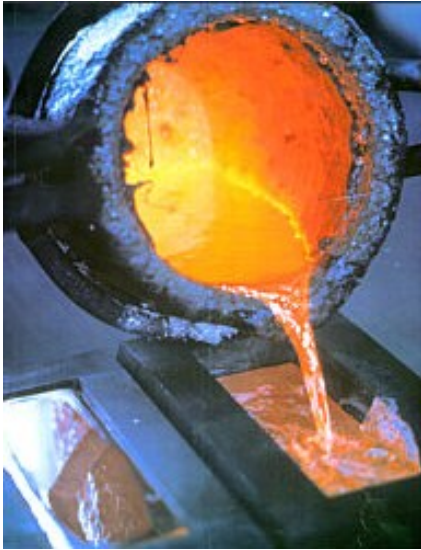
Hőmérsékleti sugárzás, infra-diagnosztika,
polarizáció.

Schay Gusztáv.

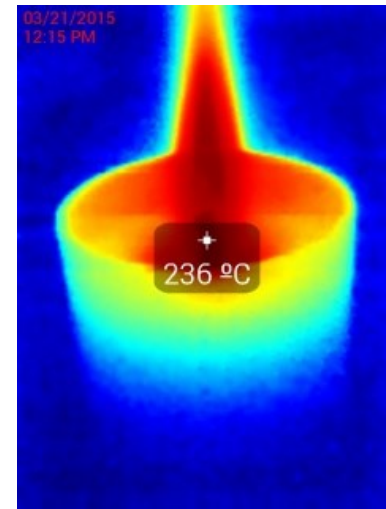
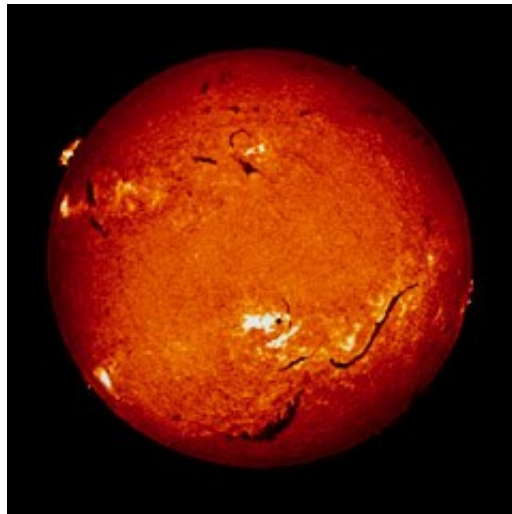


SEMMELWEIS
UNIVERSITY 1769

Hőmérsékleti sugárzás



Vörösen izzó....

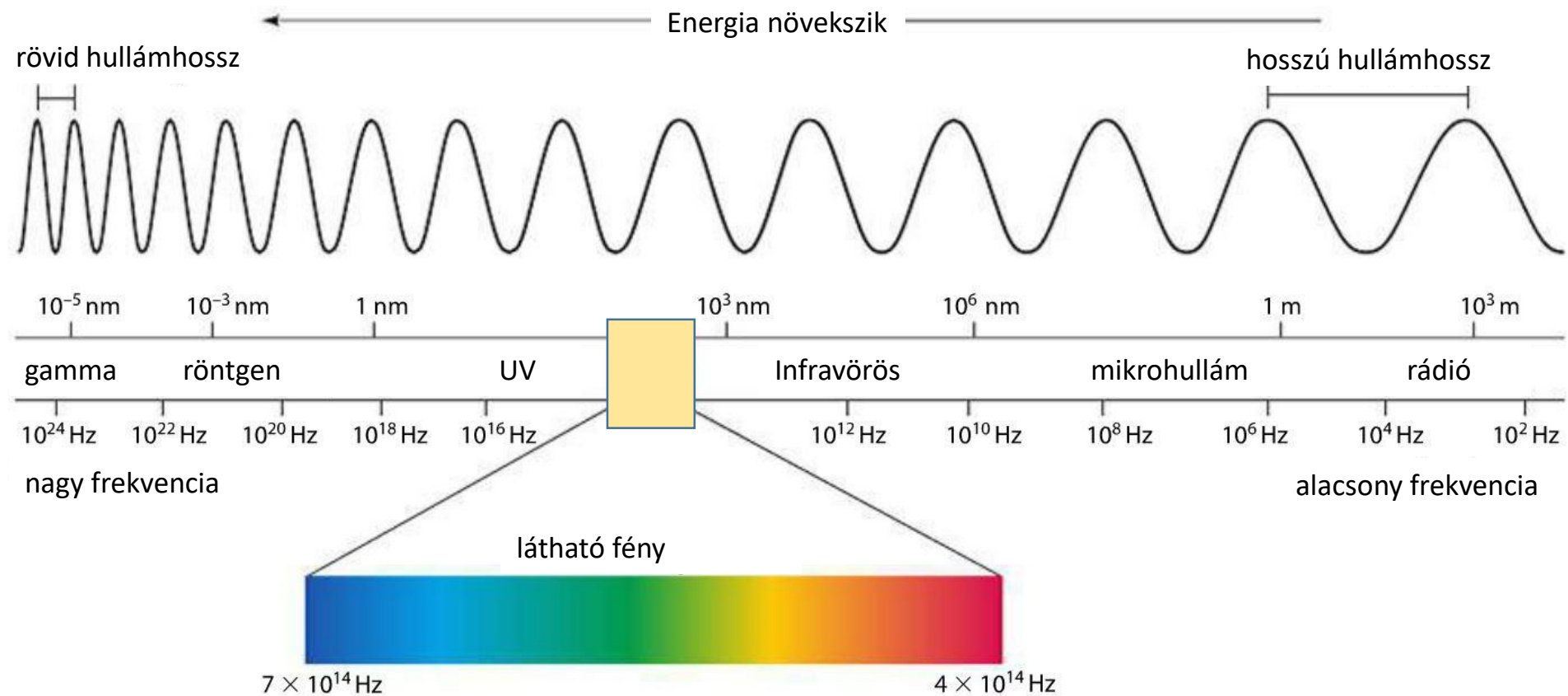




Forró objektumok („testek”) fényt bocsátanak ki.

Esetleg ez általános?

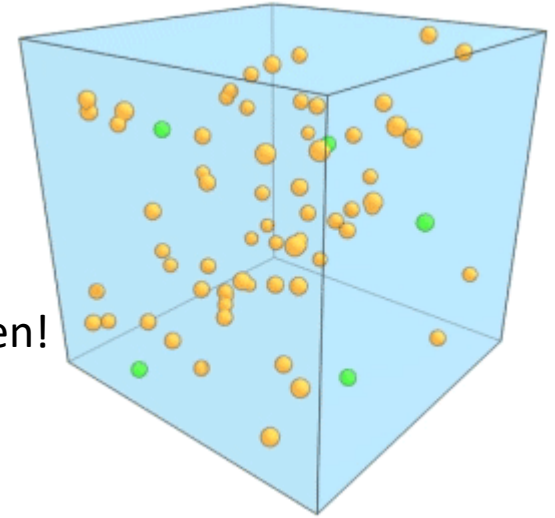




Mi a fénynek csak nagyon kis részét látjuk!

Ezen kívüli tartomány is mind fény, csak mi különböző neveket adunk neki.

Minden test fényt bocsát ki, ha hőmérséklete 0°K-nél nagyobb.
Ezt hőmérsékleti sugárzásnak hívjuk.



De a fény frekvenciája nagyon különböző lehet ez egyes esetekben!

Forrása: az anyagban levő atomok, molekulák, melyekben töltések vannak.
Alapozó Fizika: gyorsuló töltések és időben változó dipólok elektromágneses teret keltenek.

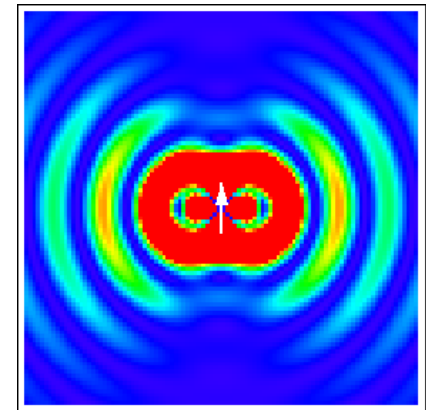
Ez pontosan ki is számolható, de persze NEM vizsgaanyag ☺

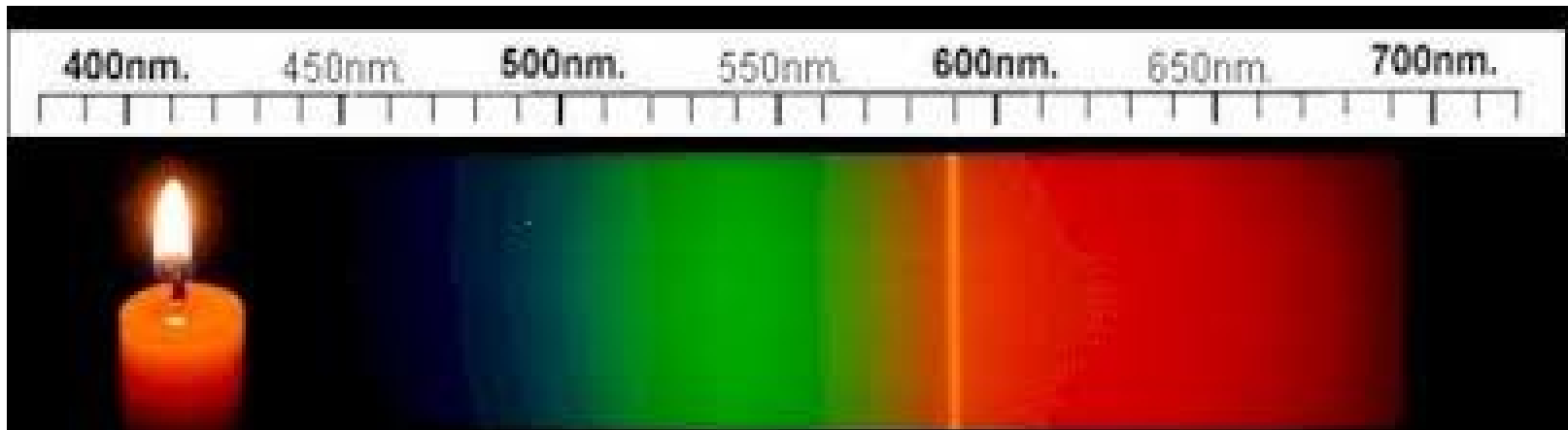
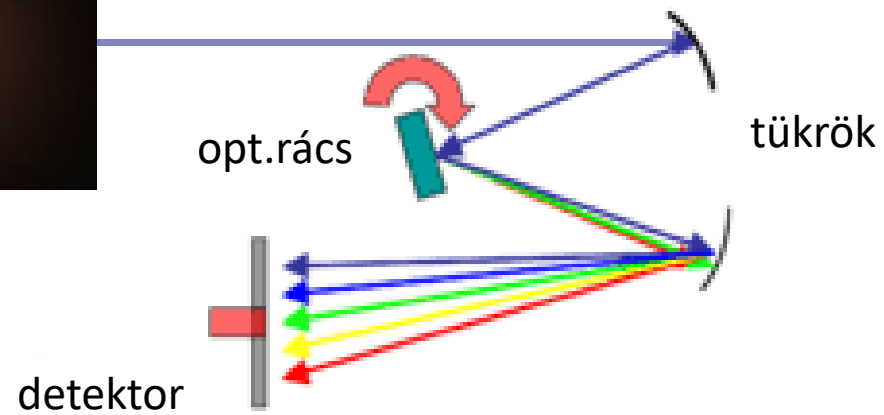
$$\mathbf{E}_{\text{rad}}(\mathbf{r}, t) = -[1/(4\pi\epsilon_0)] * [\mathbf{q}/(c^2 r')] * \mathbf{a}_{\text{perp}}(t - r'/c)$$

töltés

gyorsulás

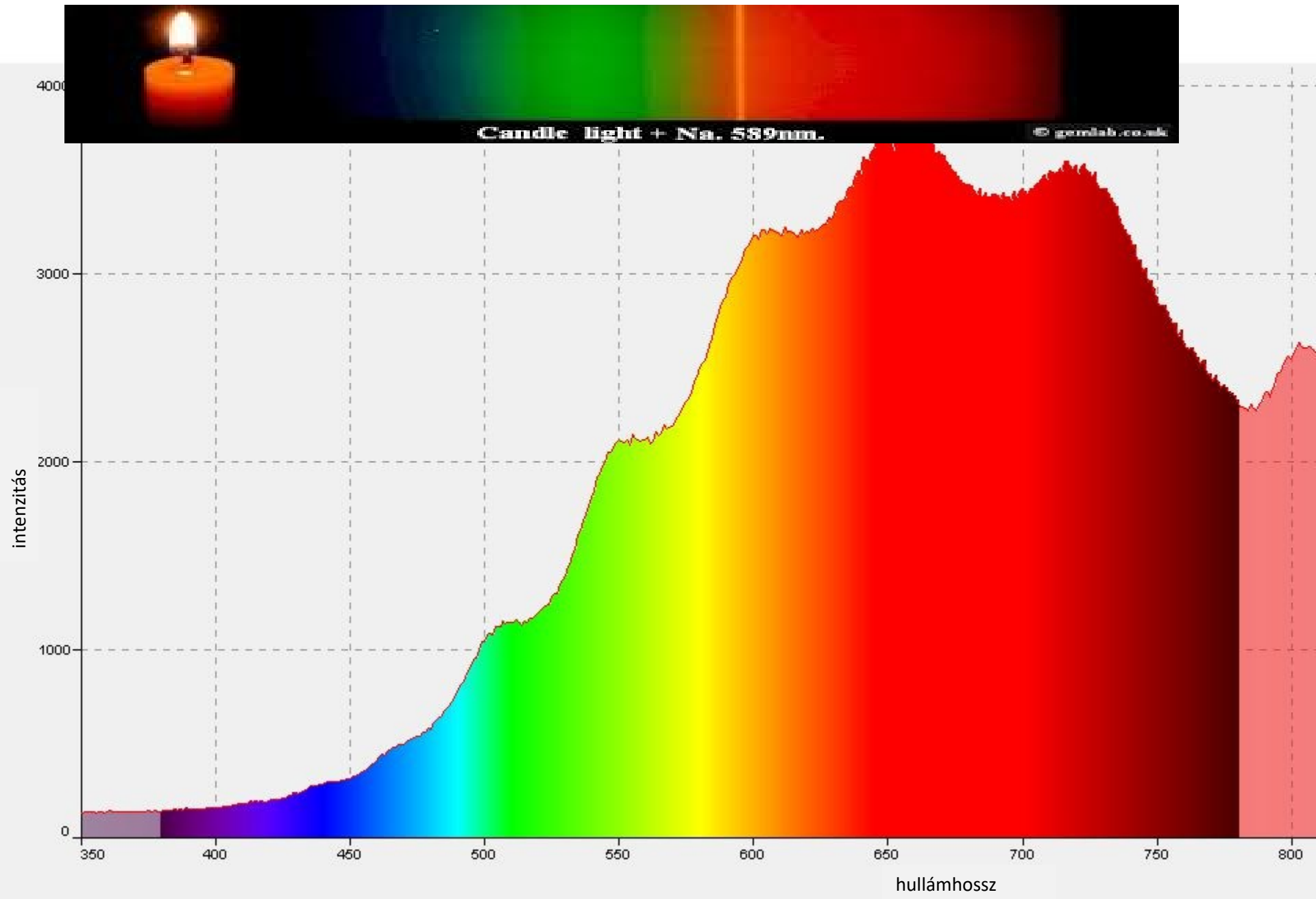
fénysebesség: $3 \cdot 10^8$ m/s



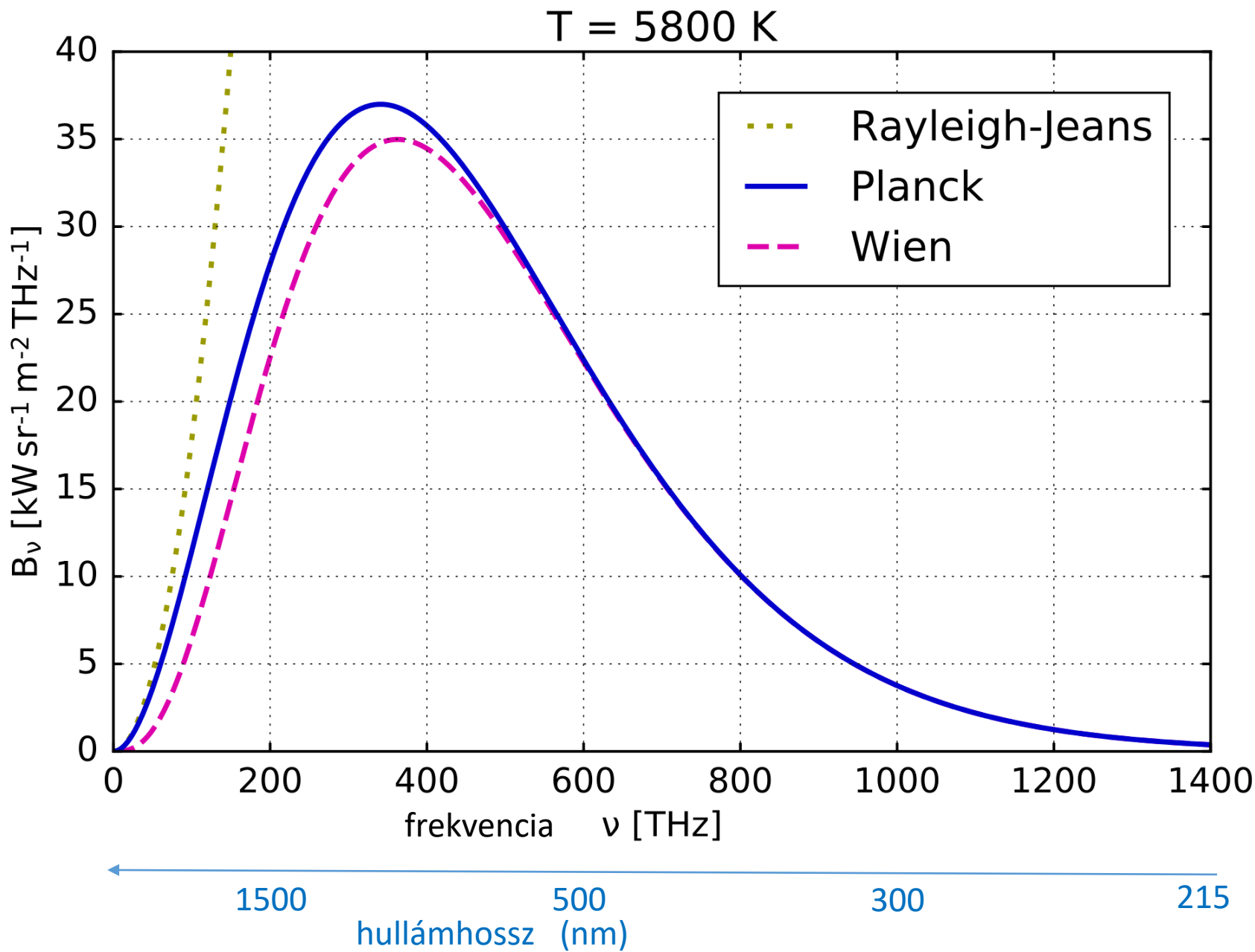


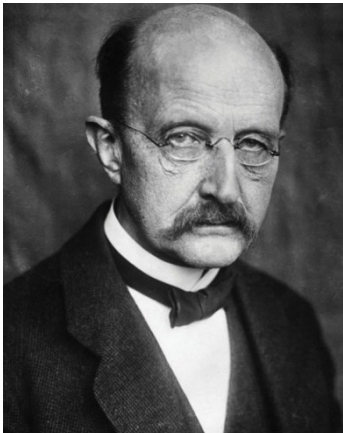
gyertya lángja + Na 589nm-es vonala

gyertyaláng emissziós spektruma
hőmérsékleti sugárzás + egyéb is van (lumineszcencia)



Klasszikus fizikai számolásokkal viszonylag közel lehet jutni elméletileg is a görbe alakjához, de NEM pontosan!





Max Planck (~ 1900)

Planck számolta ki az emissziós spektrum PONTOS alakját. Ehhez viszont fel kellett tételeznie hogy a fényben az energia adagokban terjed. Ezt Einstein később fotonnak nevezte el. Az elemi energiaadag Planck számolása szerint arányos a frekvenciával. (hf)

$$E_n = nhf$$

vibrációs frekvencia

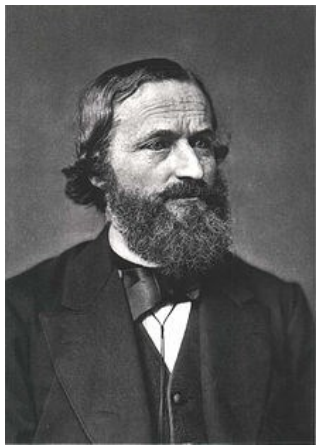
egész szám

En az n db foton energiája.

Ezzel Planck visszakapta
a kísérleti görbe alakját 😊

$$\rho(f, T) df = \frac{8\pi V f^2 df}{c^3} \frac{hf}{e^{hf/kT} - 1}$$

NEHOGY valaki
megtanulja a
képletet!



Gustav Kirchhoff (1824-1887)

Ha egy test jól nyeli el a sugárzást, akkor jó hatékonysággal is világít.

Igy aztán a legjobb fényforrás (hőmérsékleti sugárzó!) az ami teljesen fekete.

275

Als Hindernisse bei der praktischen Anwendung dürften sowohl die Farbenunterschiede der mit dieser Einheit verglichenen Lichtquelle, als auch das schnelle Wachsen der ausgestrahlten Lichtmenge mit steigender Stromstärke bezeichnet werden. Dennoch möchten sich bei Anwendung anderer Lichtquellen zu dem genannten Zweck vielleicht noch größere Schwierigkeiten in den Weg stellen, da sich die Umstände, welche die Leuchtkraft modificiren, schwerlich auf so einfache Bedingungen wie im vorliegenden Falle zurückführen lassen.

IV. Ueber das Verhältniß zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht;
von G. Kirchhoff.

Ein Körper, der in einer Hülle sich befindet, deren Temperatur der seinigen gleich ist, ändert durch Wärmestrahlung nicht seine Temperatur, absorbirt also in einer gewissen Zeit eben so viel Strahlen als er aussendet. Schon vor langer Zeit hat man hieraus den Schluß gezogen, daß bei derselben Temperatur das Verhältniß zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen für alle Körper das gleiche ist. Dabei hat man vorausgesetzt, daß die Körper nur Strahlen einer Gattung aussenden. Dieser Satz ist durch Versuche, namentlich von den Hrn. de la Provostaye und Desains in vielen Fällen bestätigt gefunden, in denen die Gleichartigkeit der ausgesendeten Strahlen wenigstens näherungsweise in sofern vorausgesetzt werden konnte, als die Strahlen dunkle waren. Ob ein ähnlicher Satz gilt, wenn die Körper gleichzeitig Strahlen verschiedener Gattung aussenden, was strenge genommen

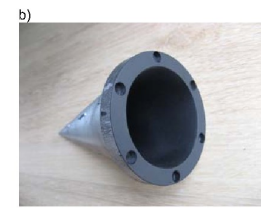
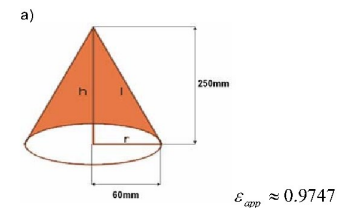
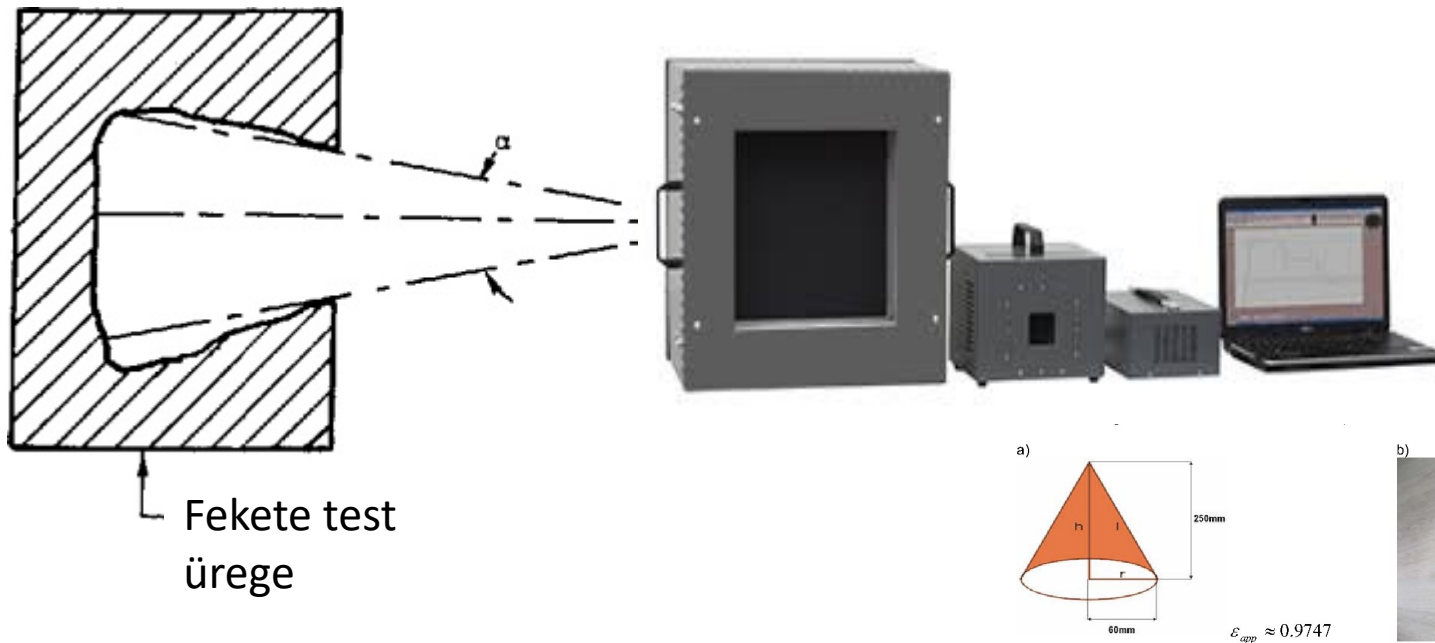
$$\alpha = \frac{J_{\text{absz}}}{J_{\text{össz}}}$$

abszorpciós tényező

n.B.: $A = \lg(J_0/J_{\text{tr}})$
abszorbancia

Abszolút fekete test : $\alpha=1$

Az abszolút fekete testet nem könnyű megcsinálni...



M: kisugárzott felületi teljesítmény (W/m^2)

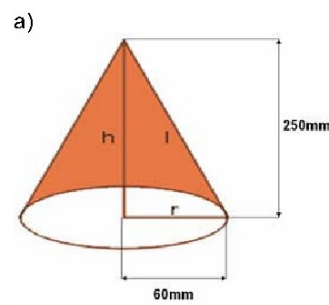
Kirchhoff törvény: M/α állandó.

Tehát abszolút fekete testre $\alpha=1$, azaz $M=M_{\text{max}}$

M és α frekvencia (avagy hullámhossz) függő!

spektrális kisugárzott felületi teljesítmény M_λ és spektrális abszorpció tényező α_λ)

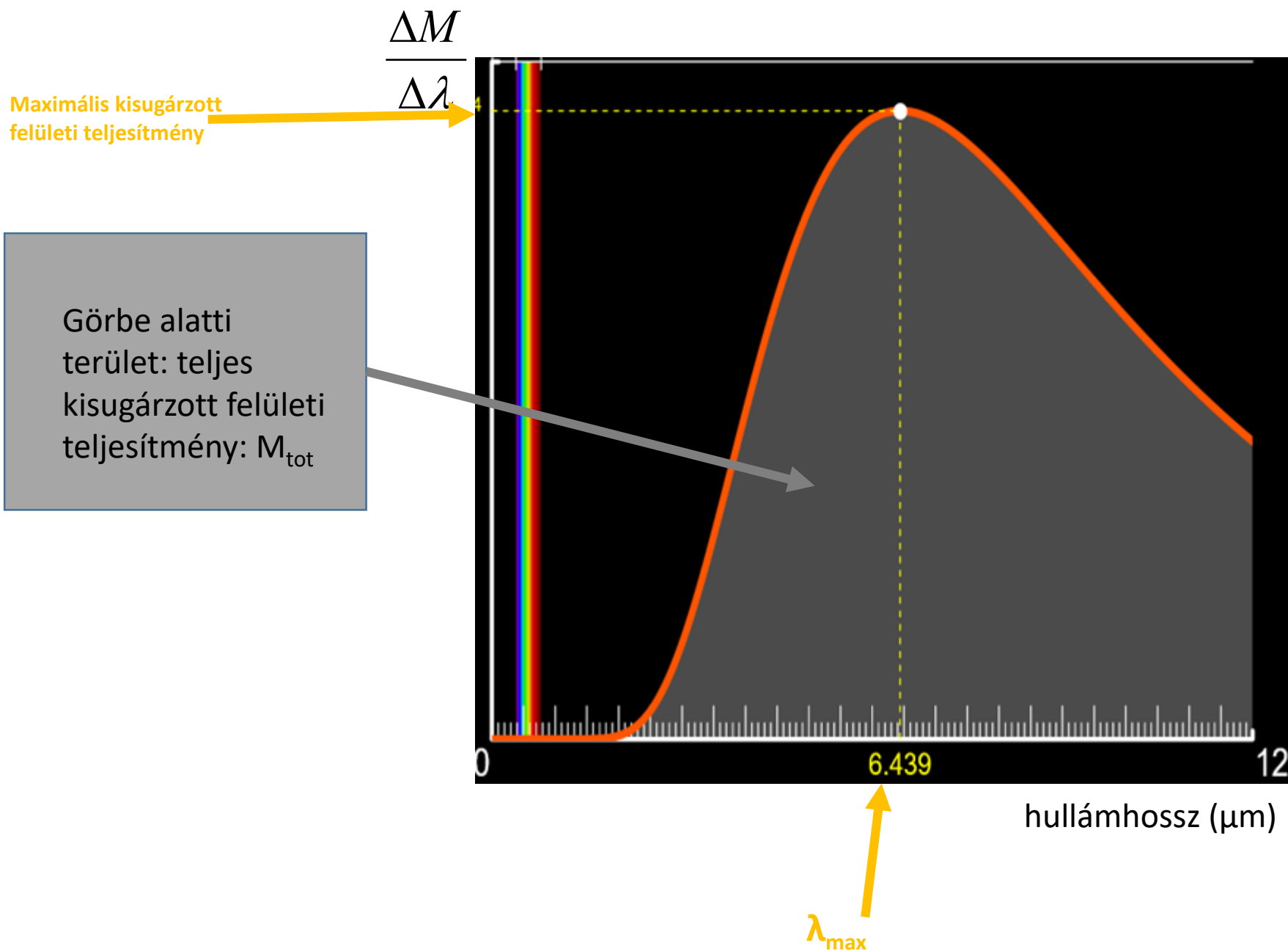
Mennyire „jó” fekete test



$$\varepsilon_{app} \approx 0.9747$$



Fig. 2. Geometry of the cone radiator with its computational emissivity a) and the manufactured cone b)



Spectral Power Density (MW/m²/μm)



B G R

3×10^{-4}

Infrared

☒ Graph Values

☒ Labels

☒ Intensity

$4.59 \times 10^2 \text{ W/m}^2$



3×10^{-5}

0

9.659

12

Wavelength (μm)

1 μm = 1000 nm



Blackbody
Temperature

300 K

Sirius A

Sun

Light Bulb

Earth



Spectral Power Density (MW/m²/μm)



B G R

3×10^{-4}

2×10^{-4}

Infrared

☒ Graph Values

☒ Labels

☒ Intensity

$2.33 \times 10^3 \text{ W/m}^2$



0

6.439

12

Wavelength (μm)

1 μm = 1000 nm



Blackbody
Temperature

450 K

Sirius A

Sun

Light Bulb

Earth



Spectral Power Density (MW/m²/μm)



B G R

1×10^{-3}

Infrared

1×10^{-3}

0

4.830

12

Wavelength (μm)

1 μm = 1000 nm



☒ Graph Values

☒ Labels

☒ Intensity

$7.35 \times 10^3 \text{ W/m}^2$



600 K

450 K

Blackbody
Temperature

600 K

Sirius A

Sun

Light Bulb

Earth



Két híres törvény van:

Wien féle eltolódási törvény

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2.898 \cdot 10^6 \text{ K} \cdot \text{nm} \quad (\text{Wien-féle állandó})$$

Stephan-Boltzmann törvény

$$M_{\text{tot}} = \sigma \cdot T^4$$

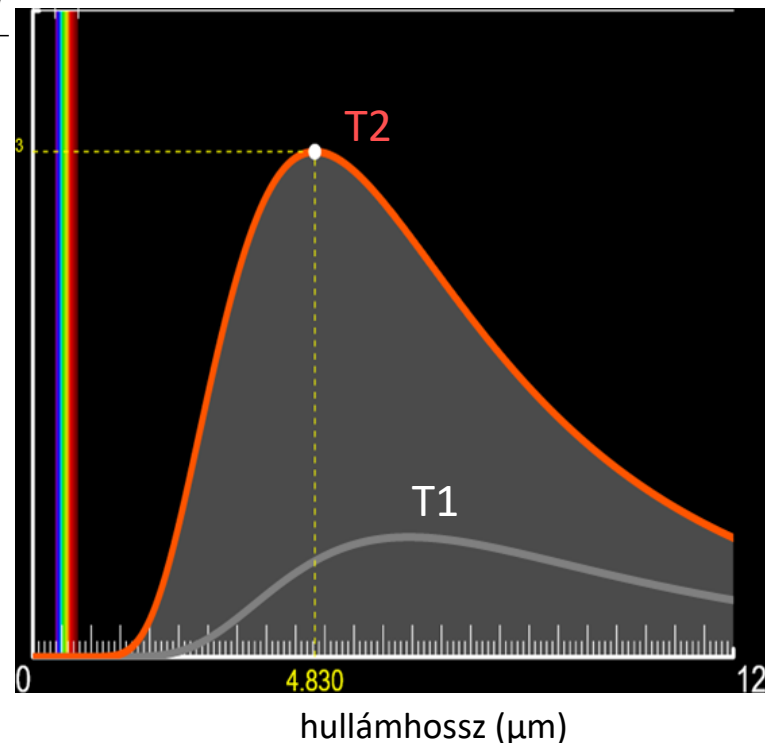
$$\sigma = 5.7 \times 10^{-8} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \right]$$

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

↑
W/m² !

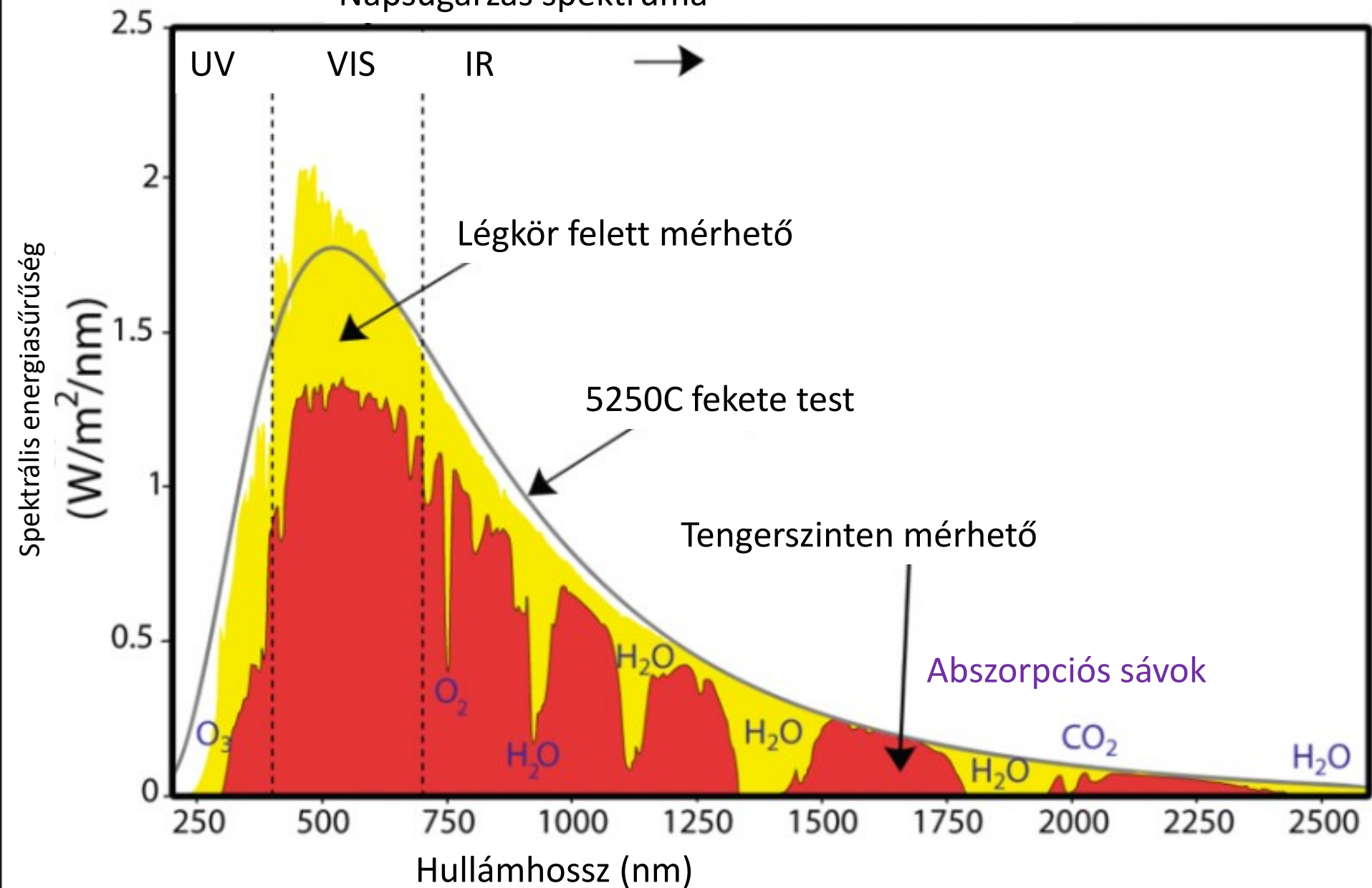
↑
°K

$$\frac{\Delta M}{\Delta \lambda}$$

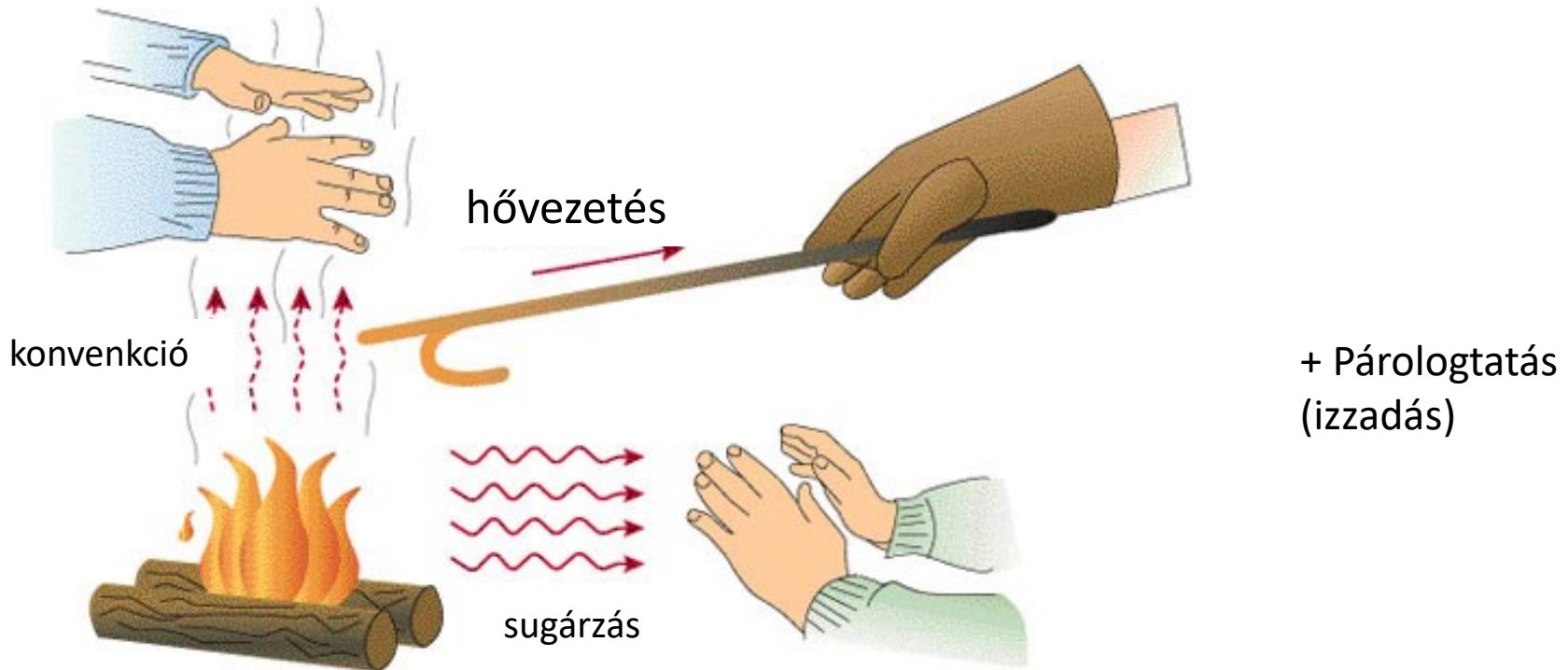


→ Tisztán sugárzással is beállhat hőmérsékleti egyensúly

Napsugárzás spektruma



Hőcsere lehetőségei



2 m² bőrfelületre, átlagos felnőtt,
szobahőmérsékletű környezet

Sugárzás → $\approx 100W$

hővezetés → $\leq 1W$

konvekció → $\approx 10W$

izzadás → $\approx 10W$

A metabolikus ráta (2000kcal/nap = 9MJ/nap) nagy részét a sugárzási veszteség teszi ki.

Stephan-Boltzmann tv.

$$M_{\text{tot}} = \sigma \cdot T^4$$

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

Wien féle eltolódási tv.

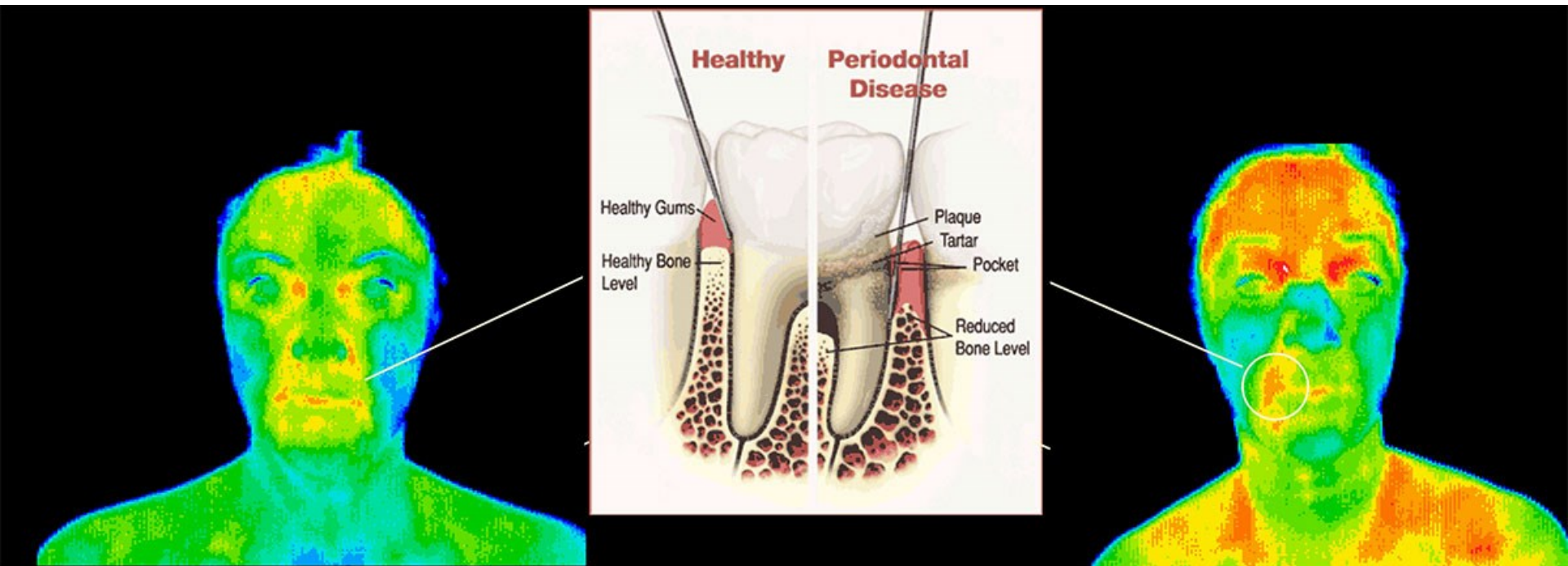
$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2.898 \cdot 10^6 \text{ K} \cdot \text{nm}$$

Bőrfelszínre $\lambda_{\text{max}} = 7 \dots 15 \mu\text{m}$

Infravörös érzékelés, és hőmérsékletmérés
nagyon érzékeny

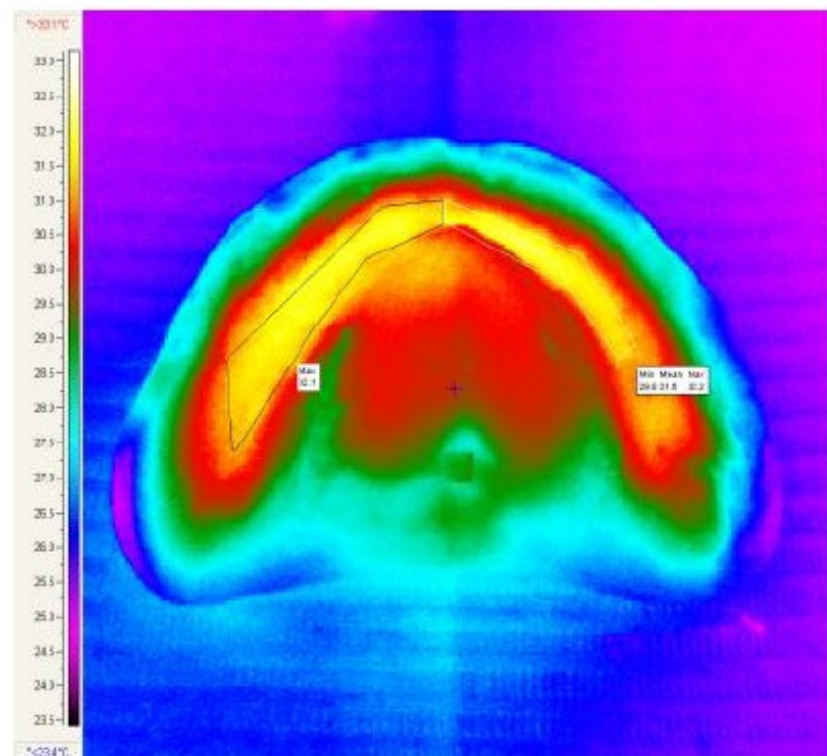
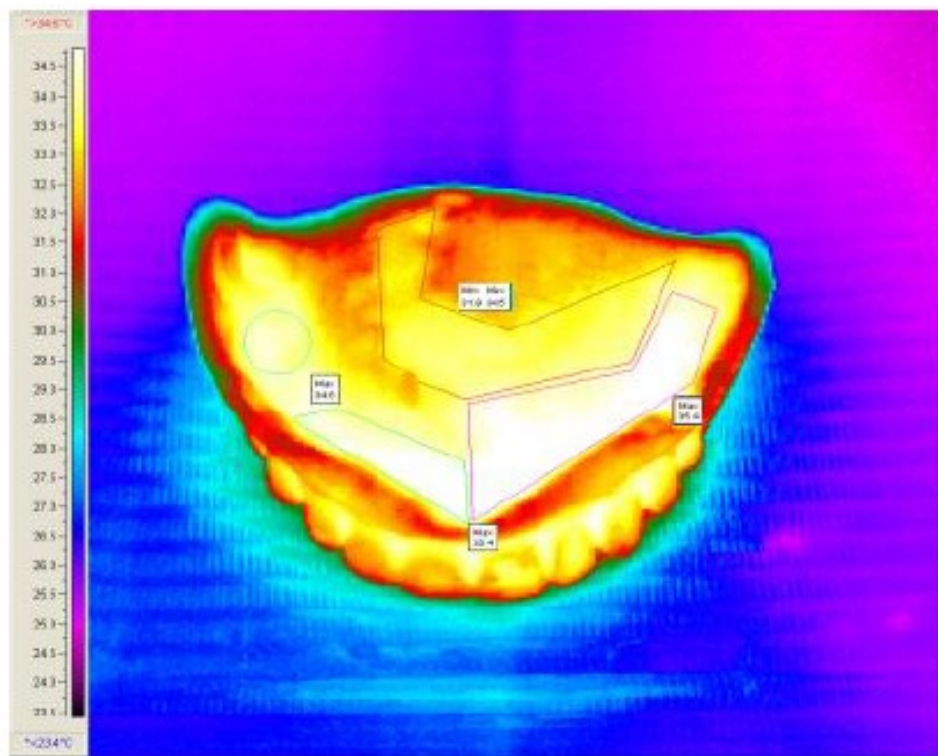


emelkedett metabolizmus érzékenyen kimutatható
(gyulladás, rák stb)

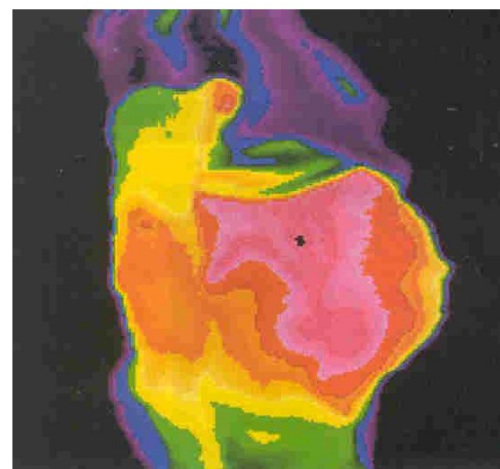
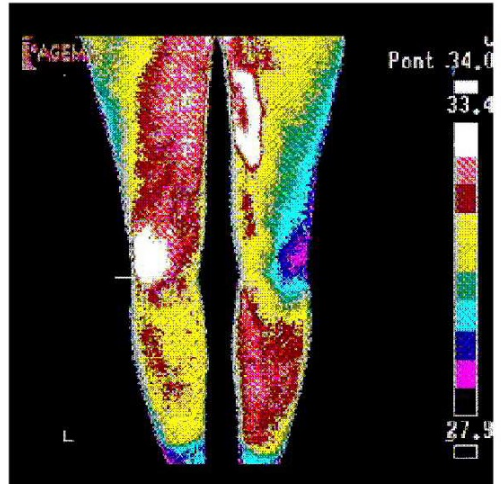
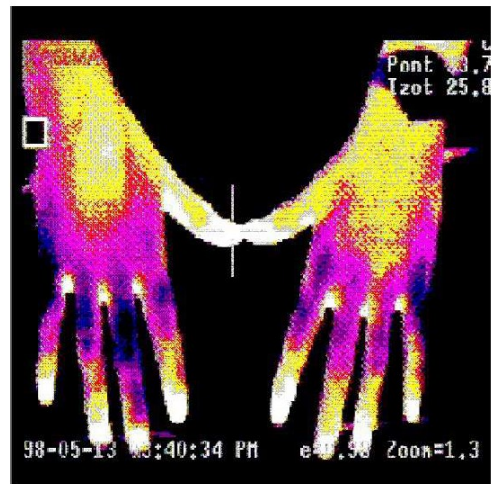
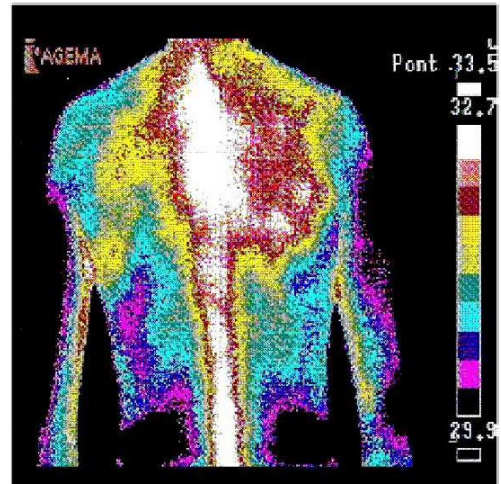
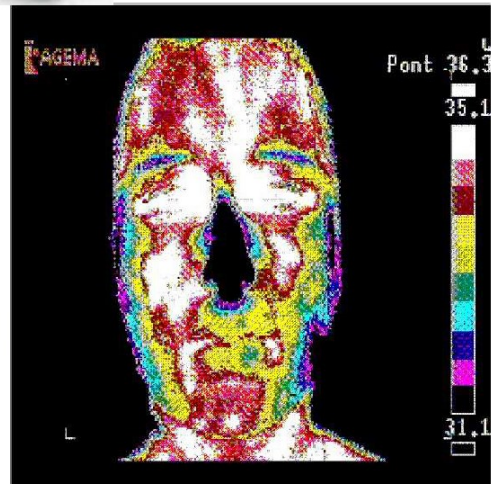
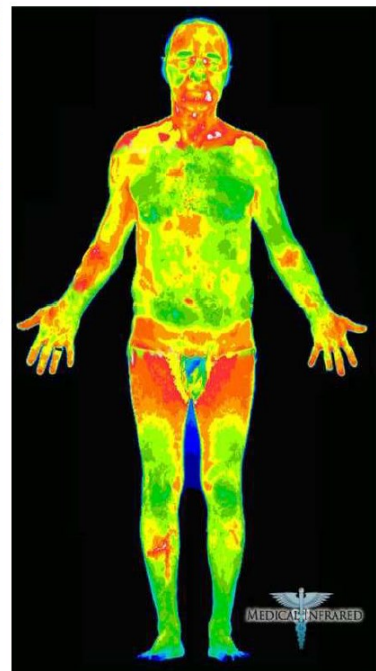
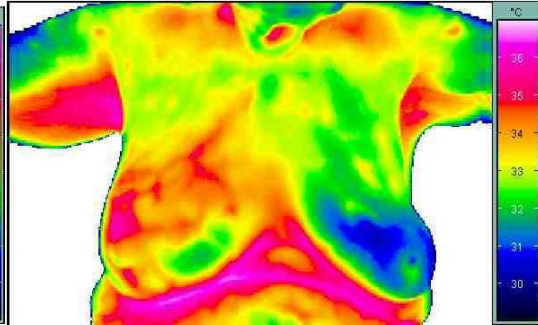
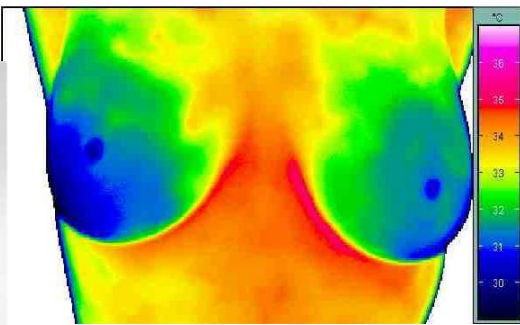


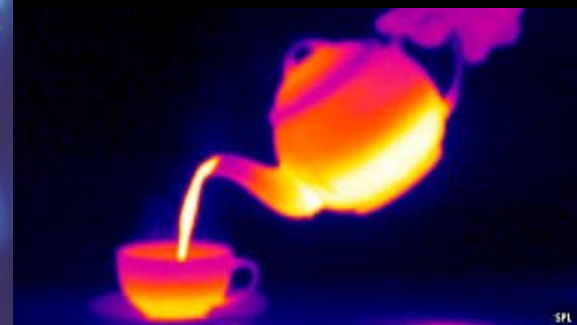
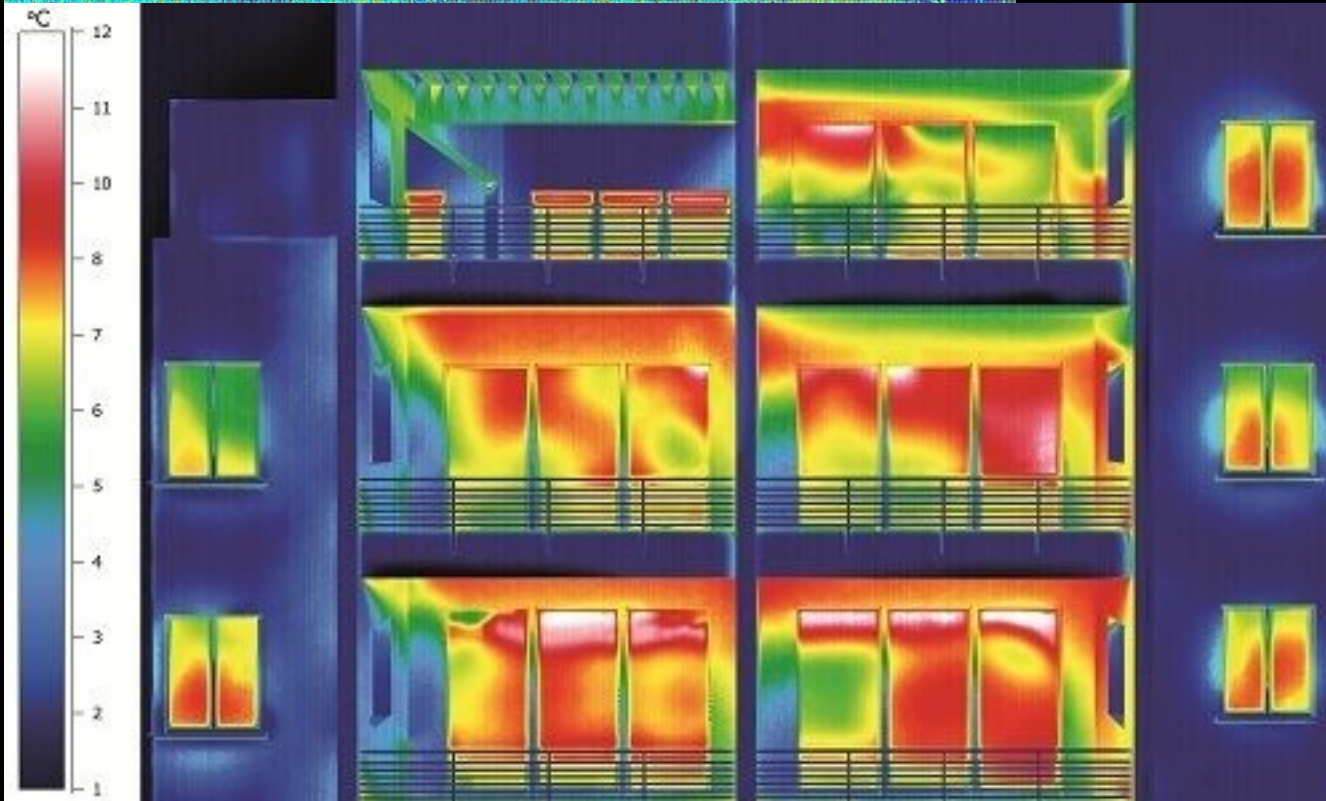
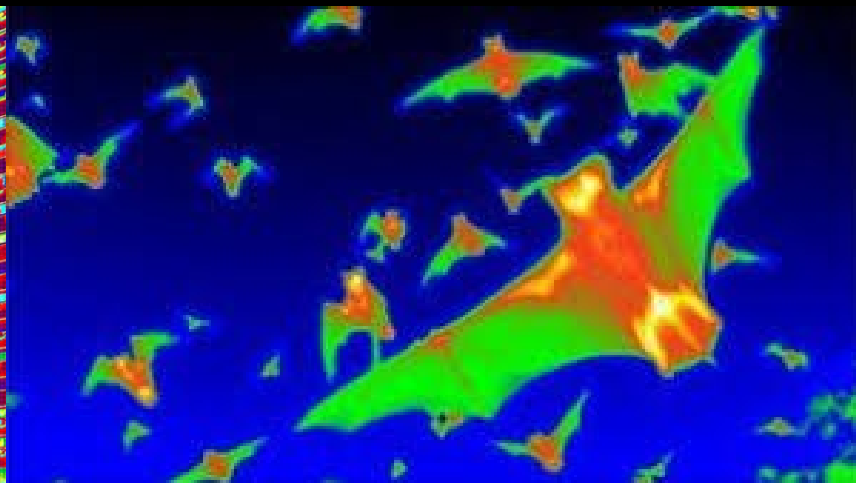
$$M = \frac{\Delta E}{\Delta A \cdot \Delta t} = \sigma T^4$$

$$\Delta E_{veszteség} = M_{be} - M_{ki} = \sigma T_{test}^4 - T_{környezet}^4$$

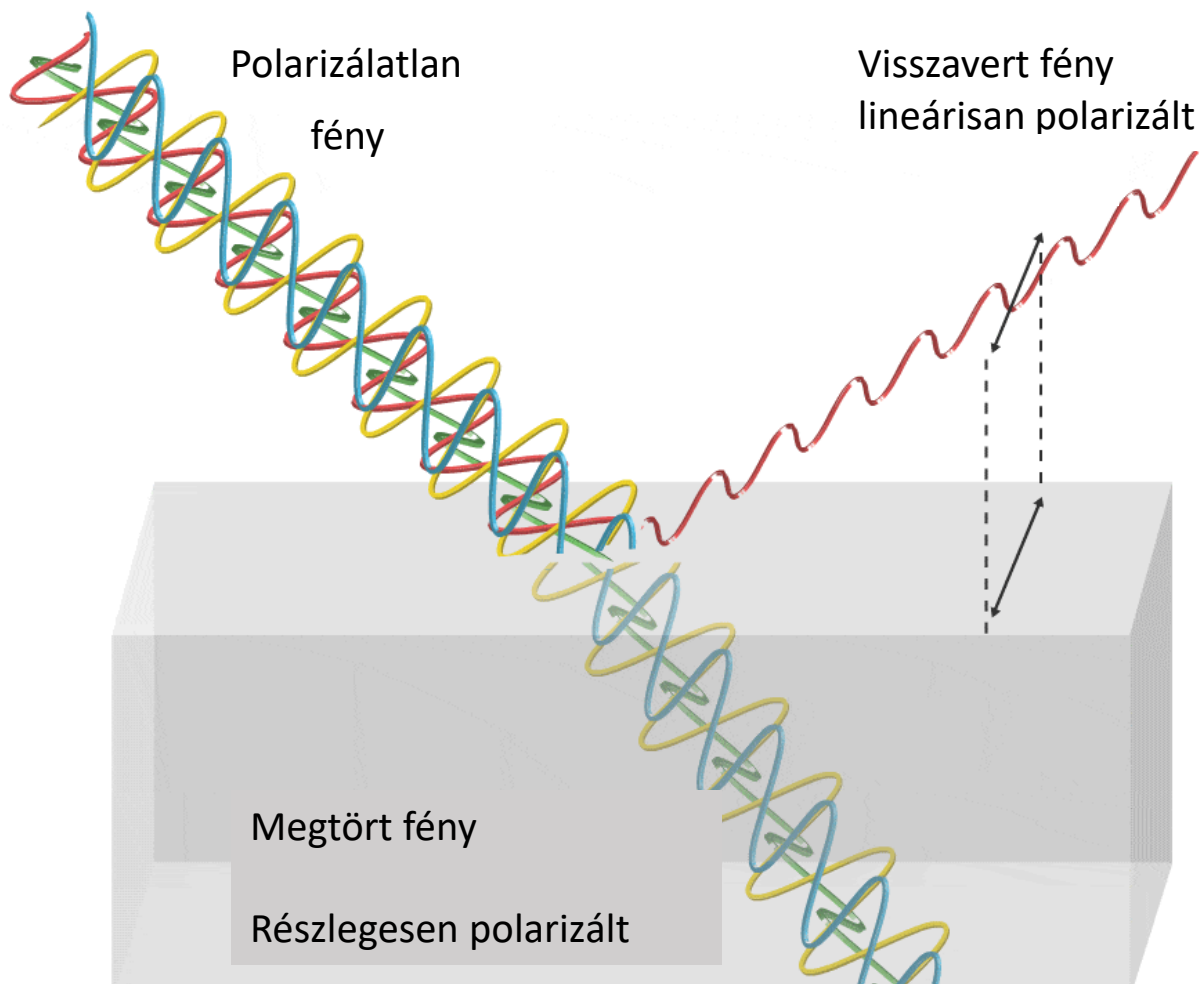


A fogsor termogramja a szájüregből való eltávolítása után

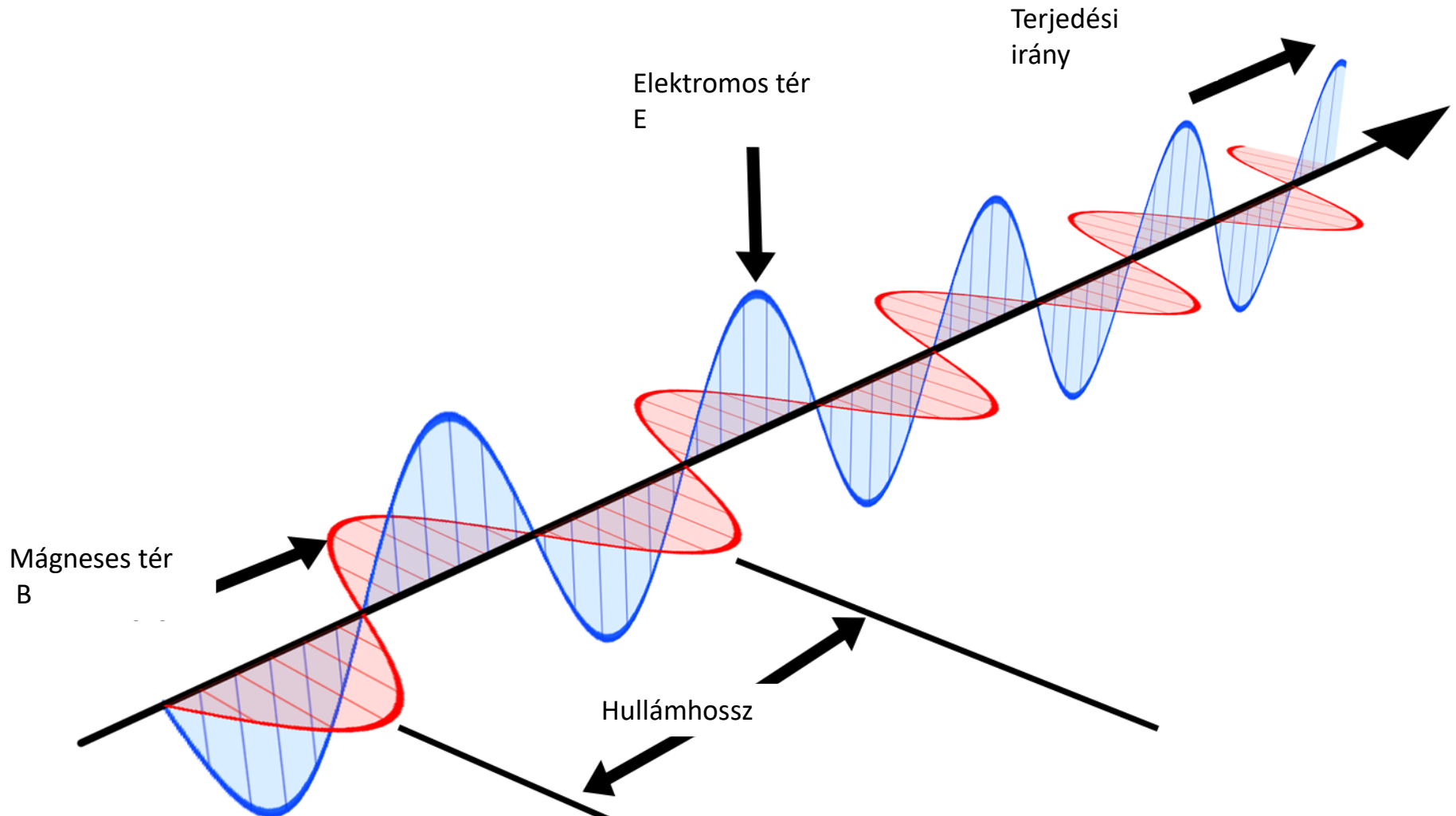


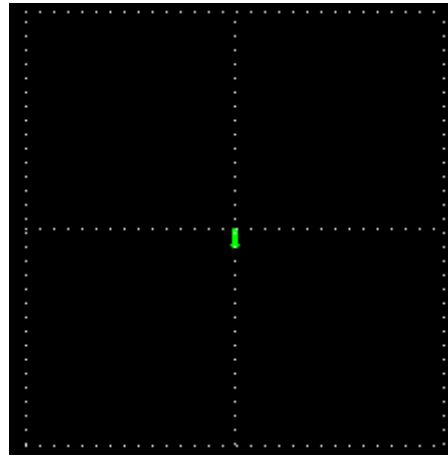
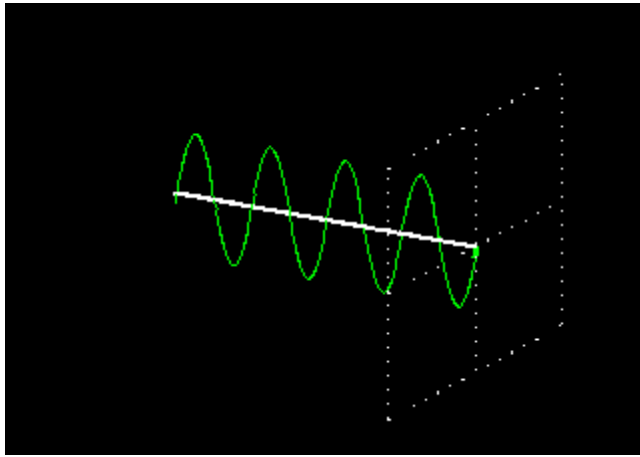


Polarizáció



Elektromágneses hullám

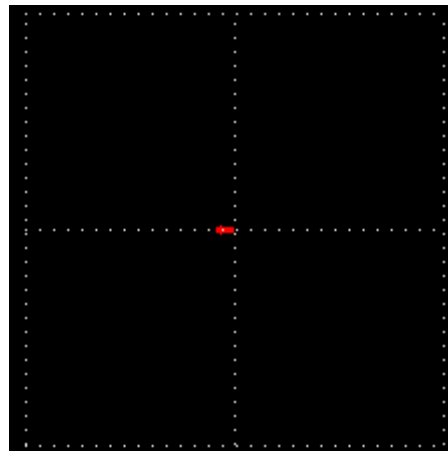
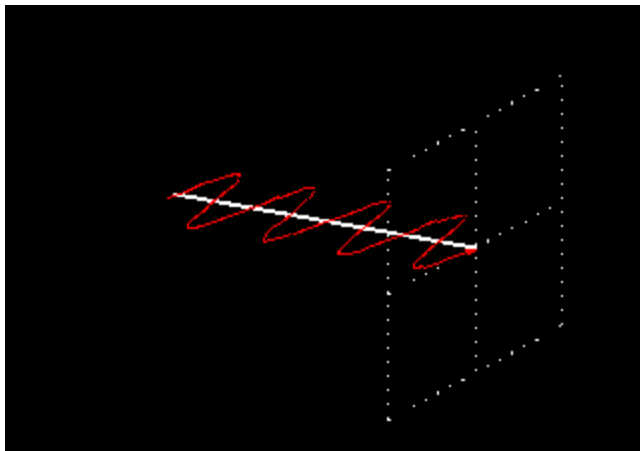


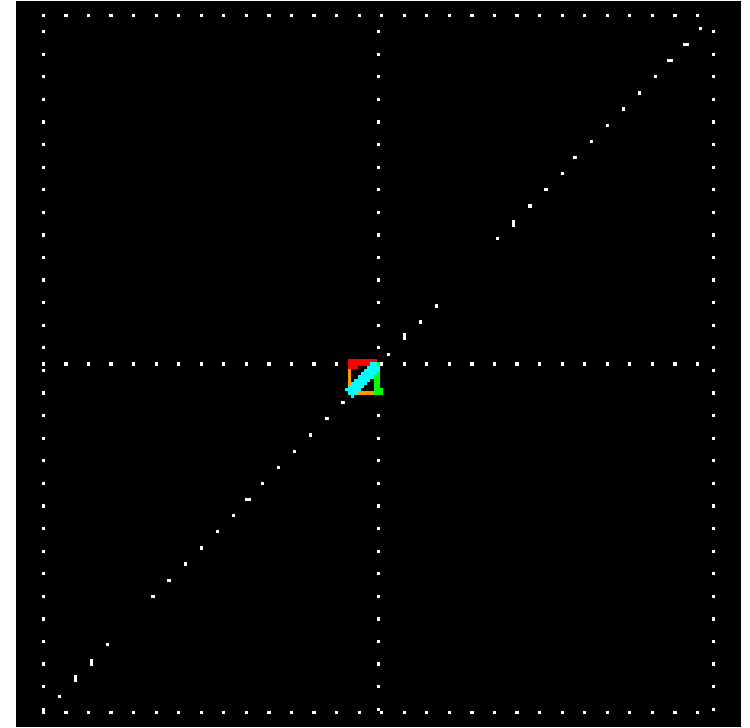
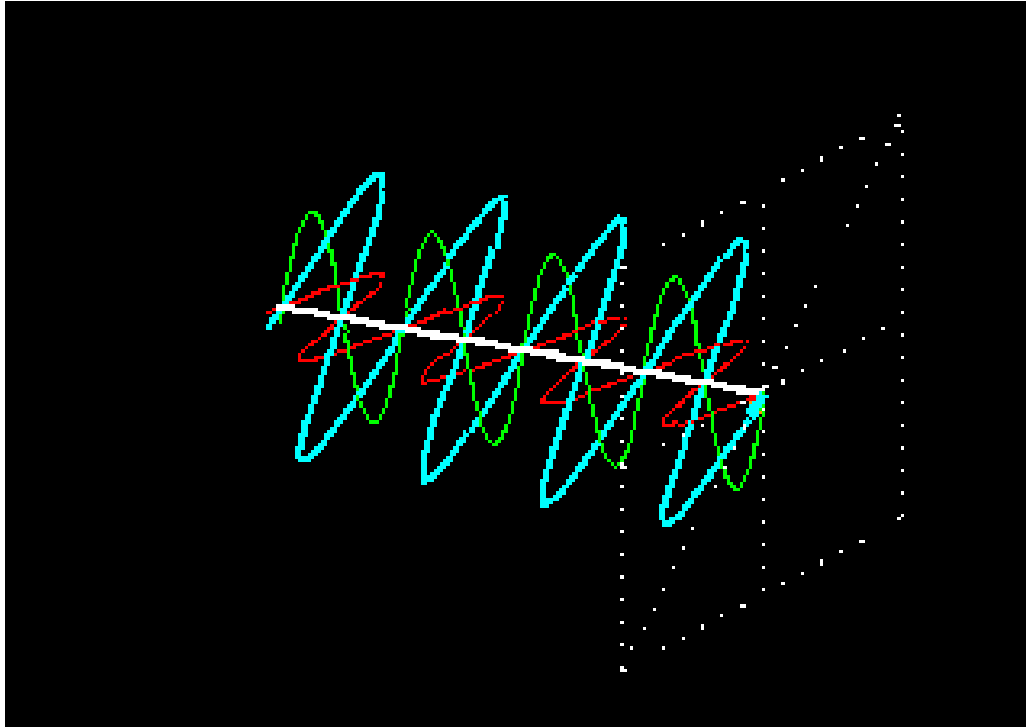


Általában csak az E-teret
rajzoljuk be, DE
mindig odaképzelnünk a
mágneses teret is!

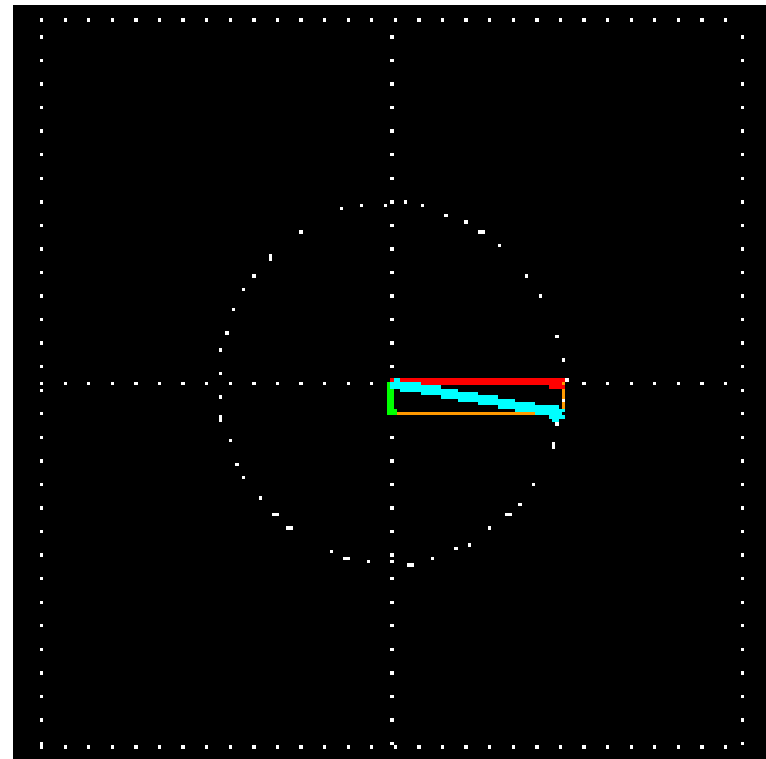
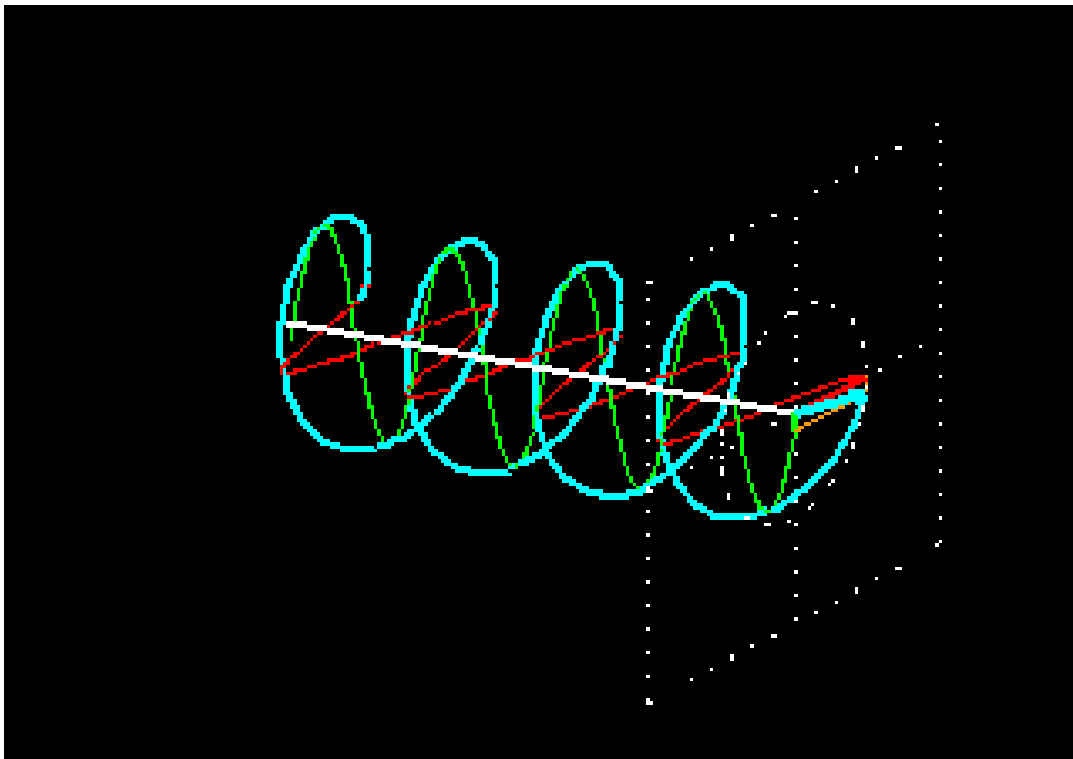
**A polarizációs irány az elektromos tér (E) vektor iránya
(azaz az E-vel párhuzamos egyenes)**

Lineárisan polrizált fény: csak egy adott irányba mutató polarizációja van.

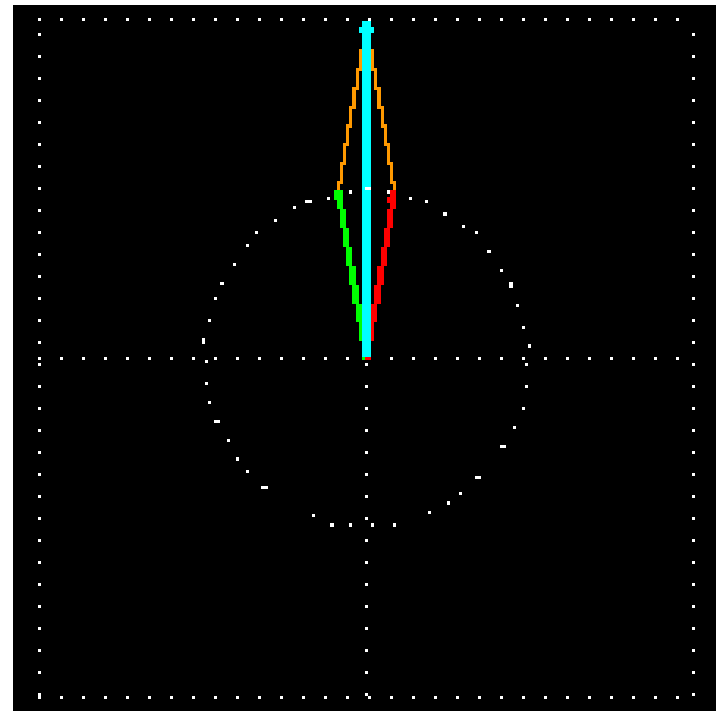
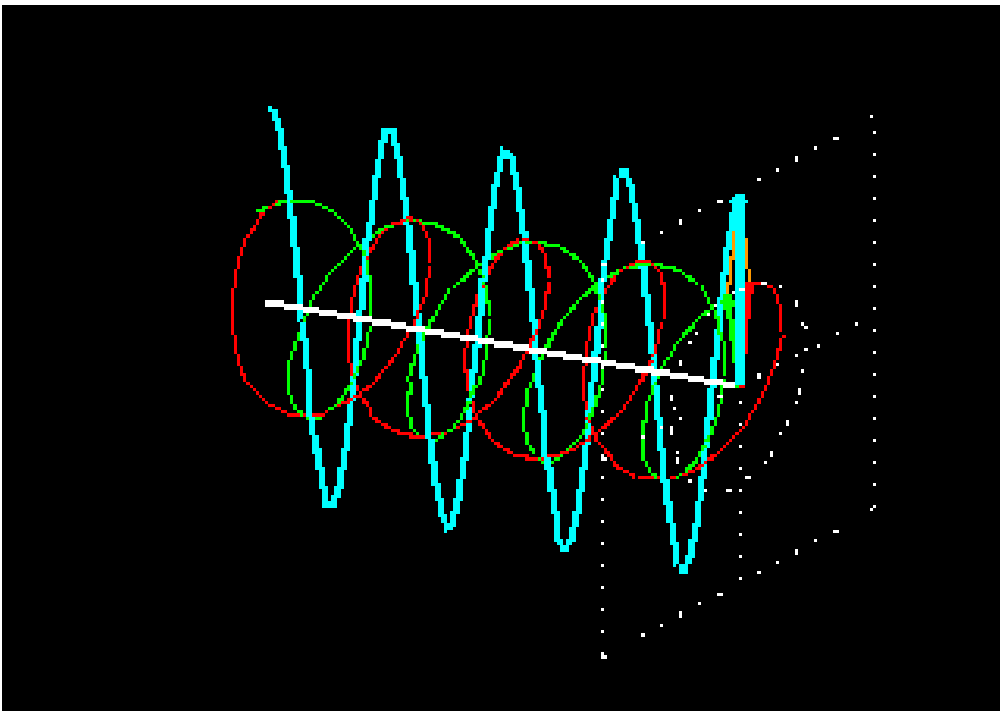




Szuperpozíció elve: az E-vektorok összeadhatók minden pontban, **az eredő E-vektor megszerkeszthető mint vektorok összege.**

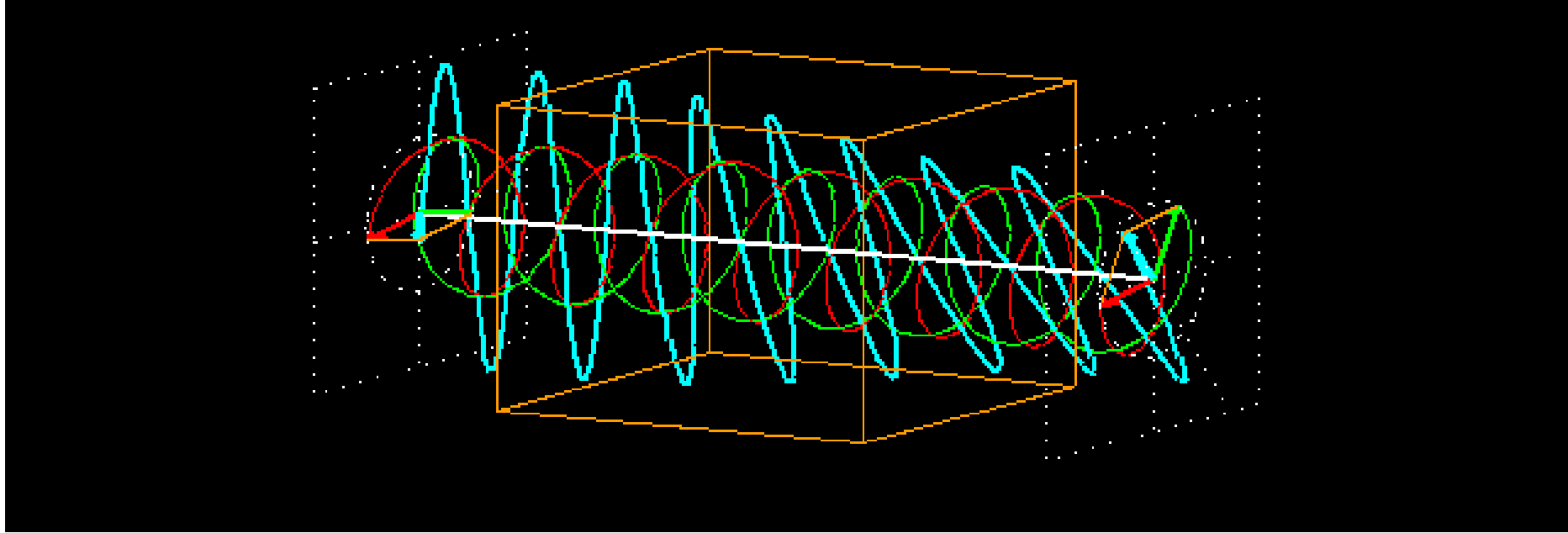


Cirkulárisan polarizált fény kieverhető két merőleges lineárisan polarizált fényből, ha a két hullám fázisban egymáshoz képest el van tolva.

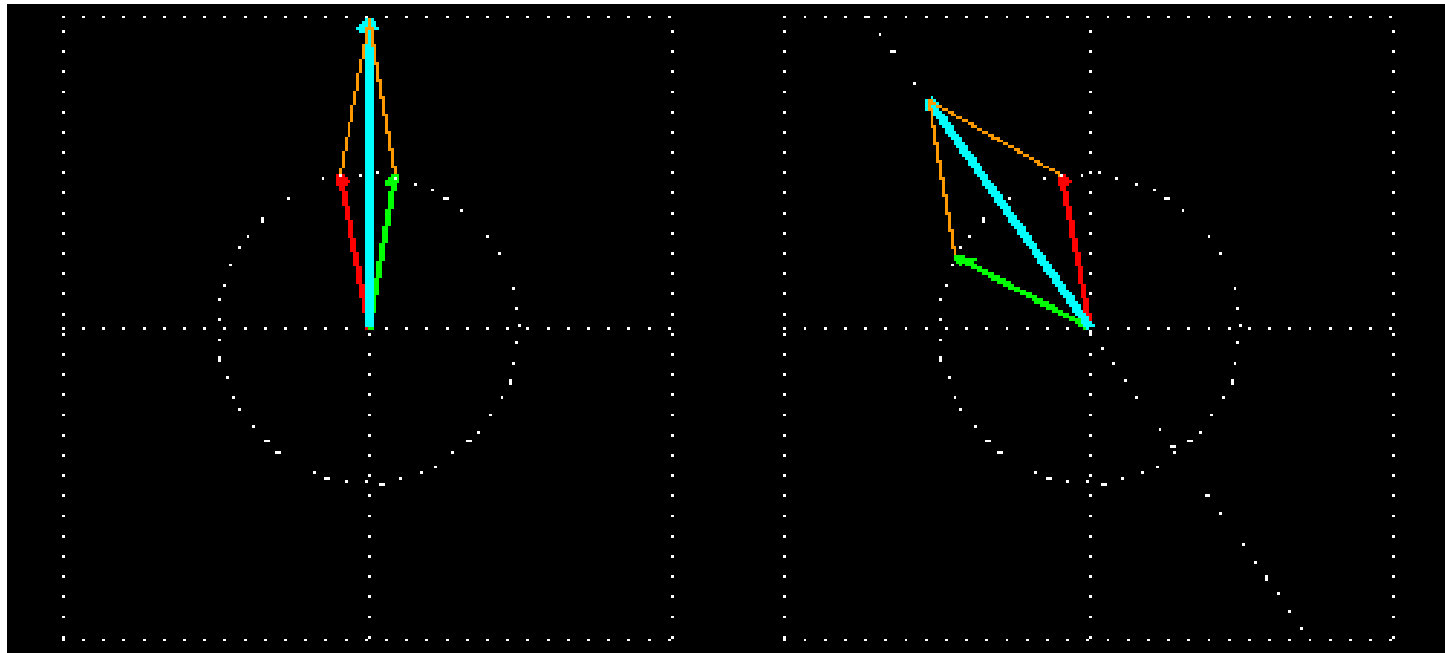


De a lineárisan polarizált fény is kikeverhető két cirkulárisan polarizált fényből.

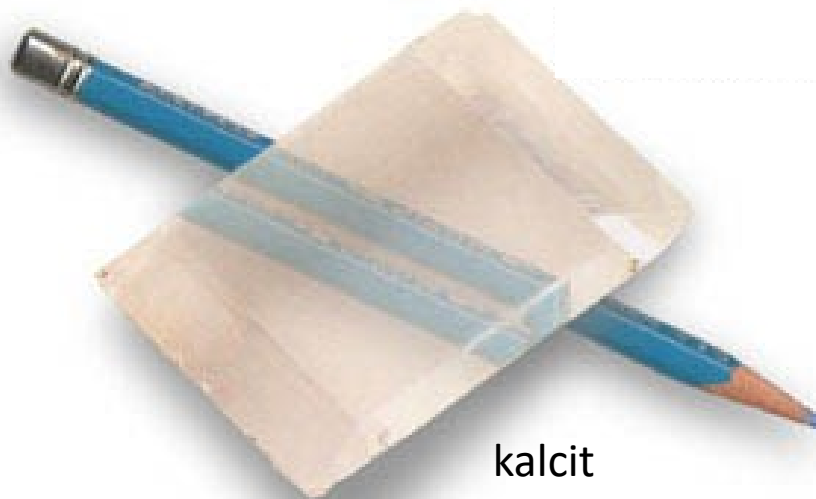
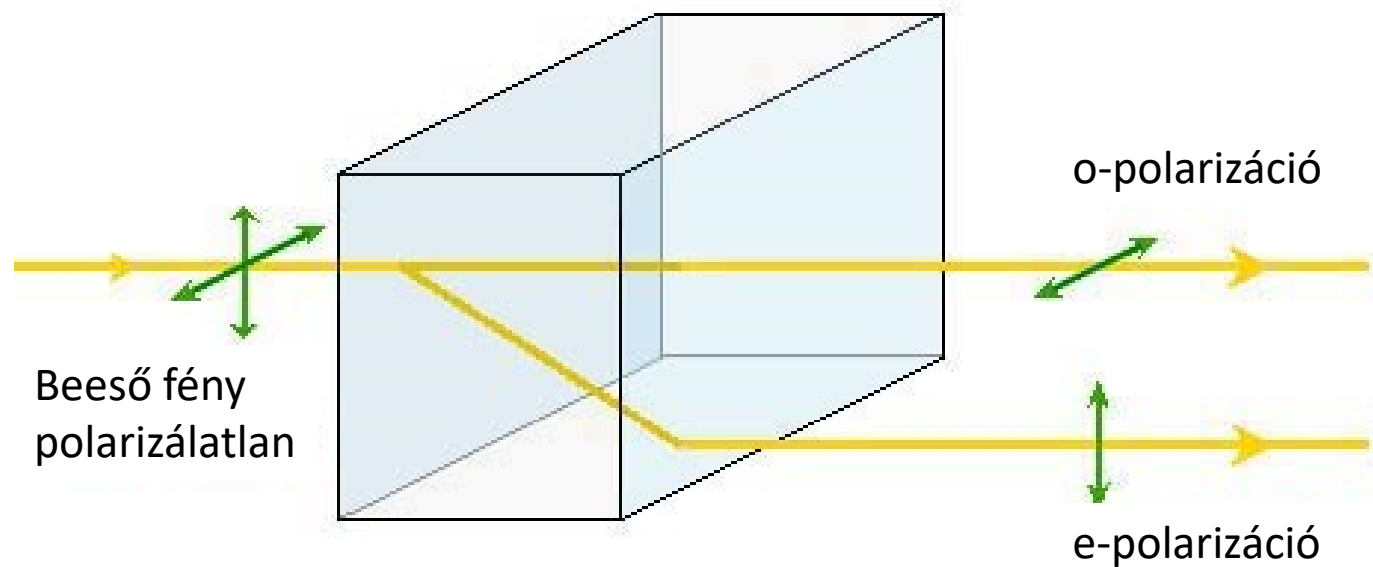
Játék a vektorokkal 😊



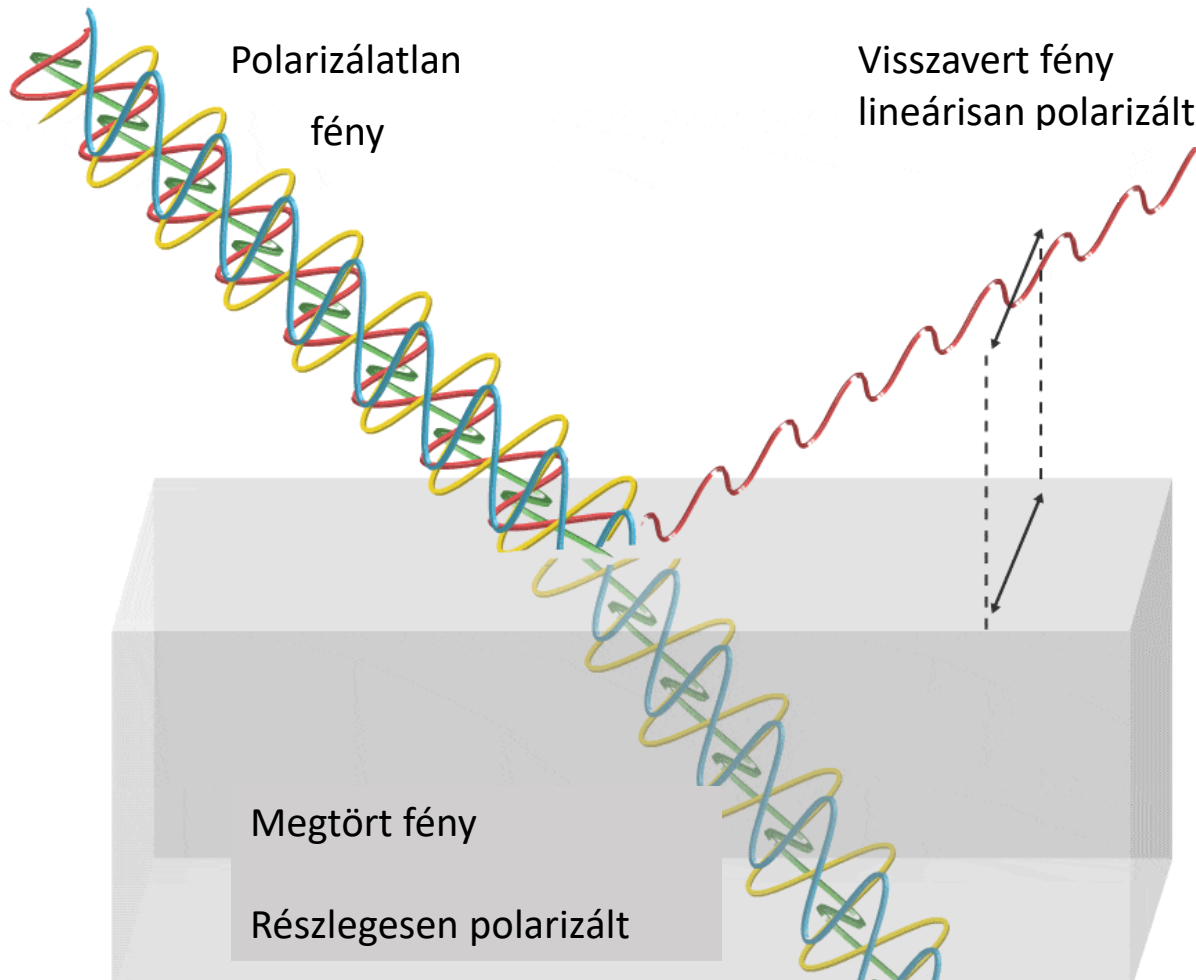
Királis molekuláknak kétfajta törésmutatójuk is van: $n_{\text{jobb}} \neq n_{\text{bal}}$ **cirkuláris kettőtörés**
 Ez a **polarizációs irány elfordulását okozza.**



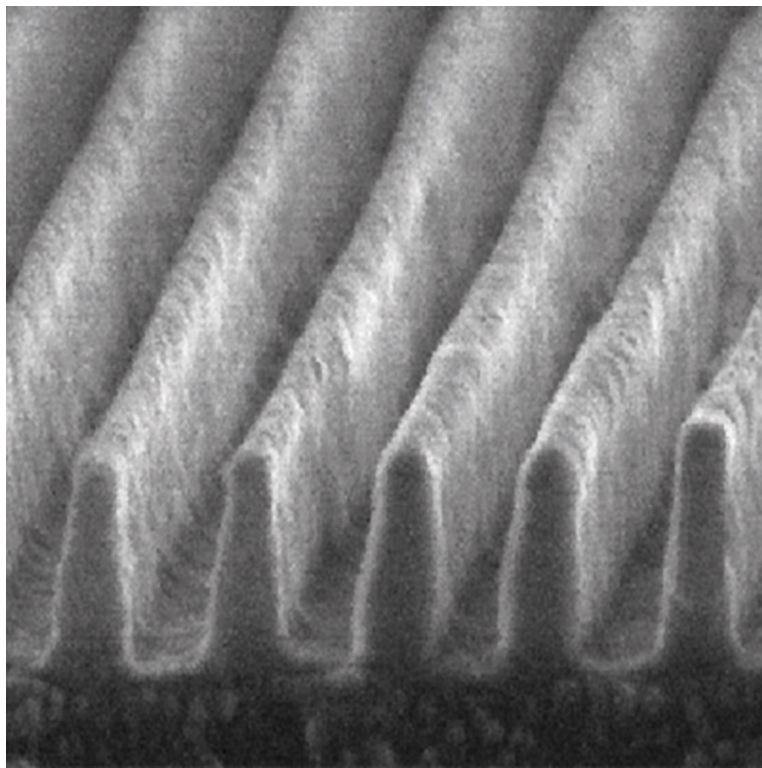
Kristályok is lehetnek kettőtörőek



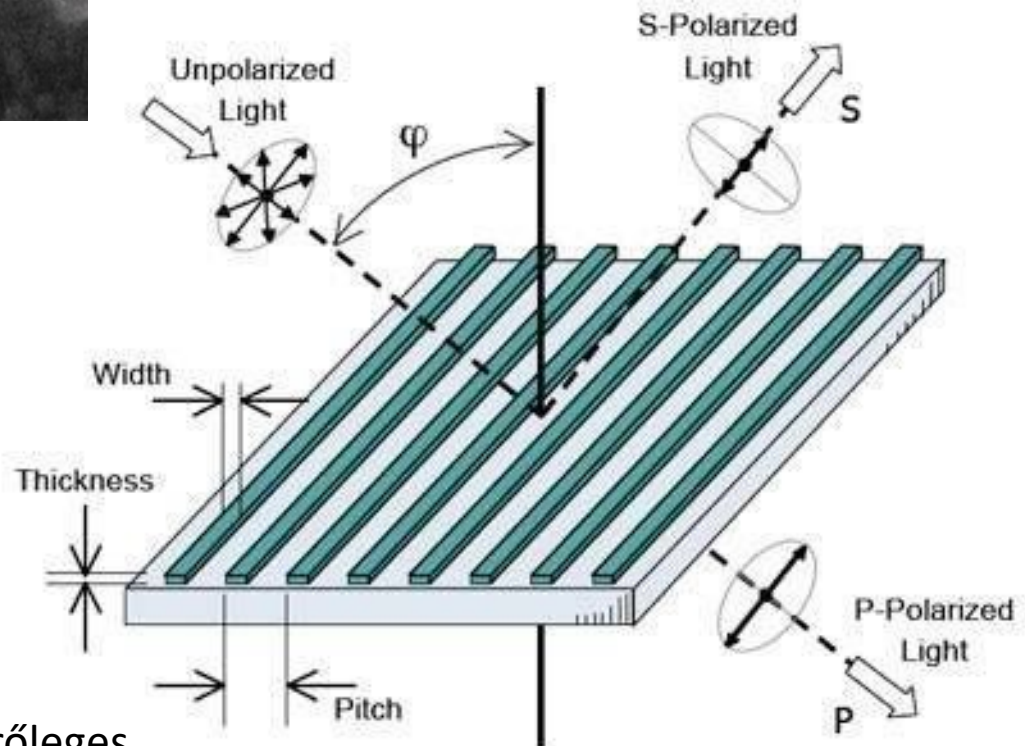
Polarizáció reflexióval (Brewster-szög)



Dróthálós polarizátor (nanotechnológia)

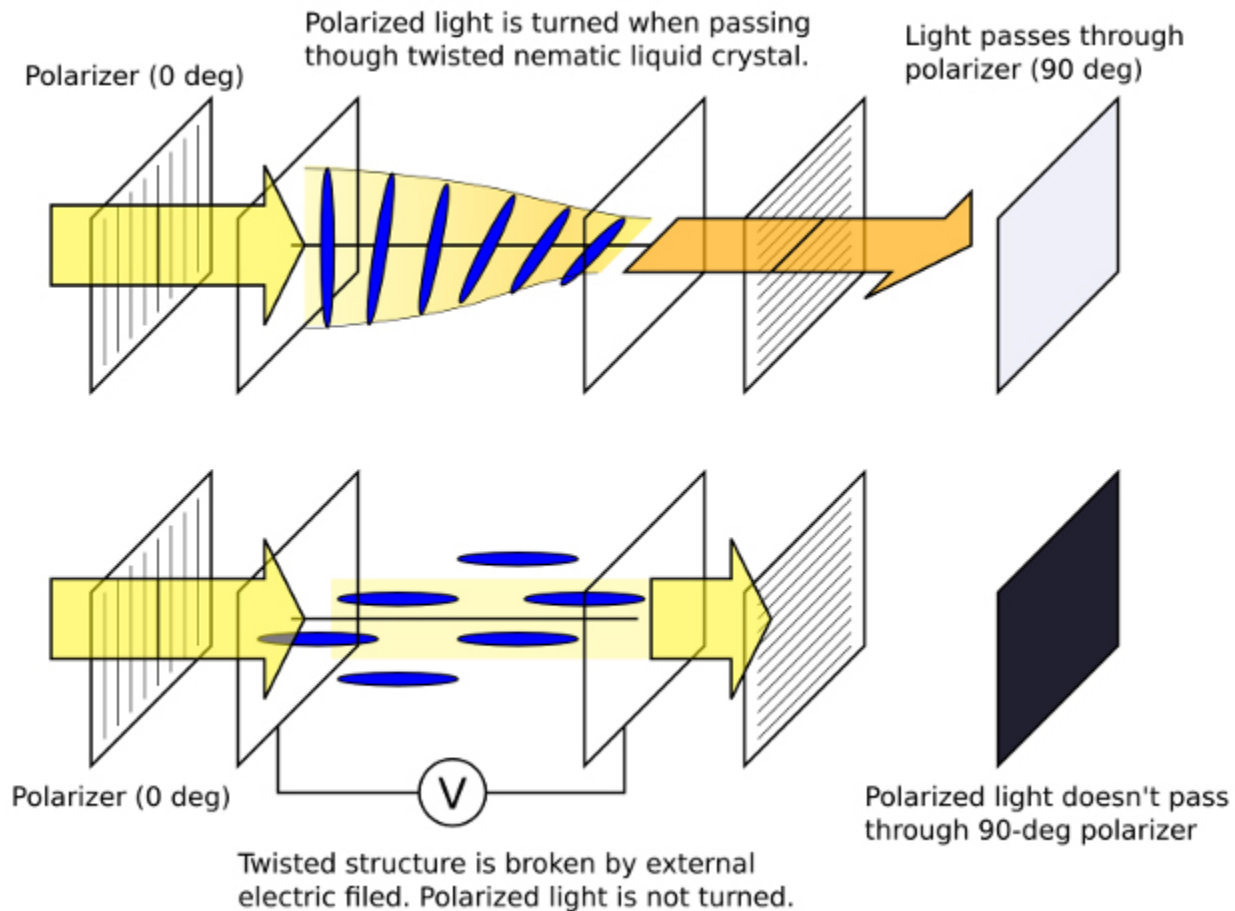


200nm

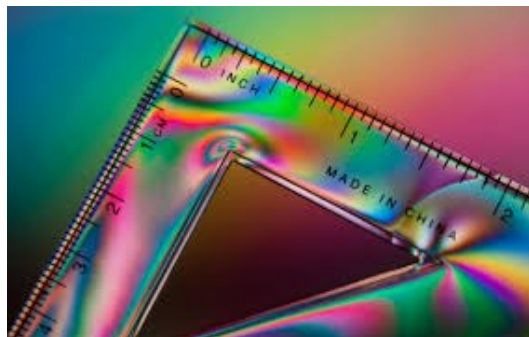
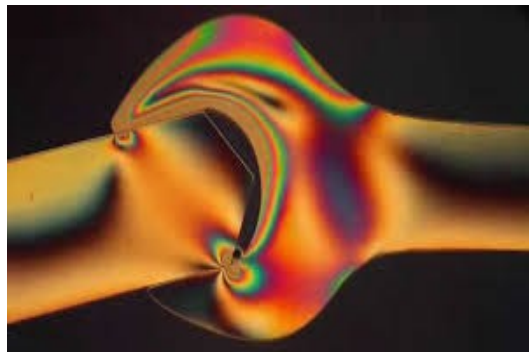
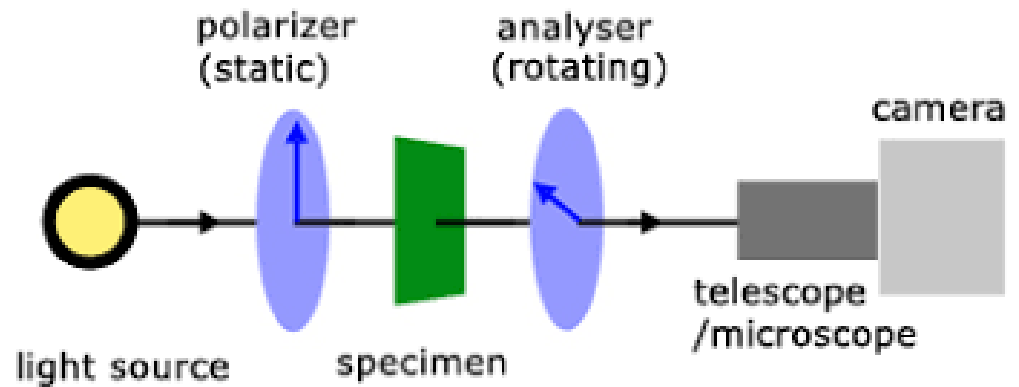
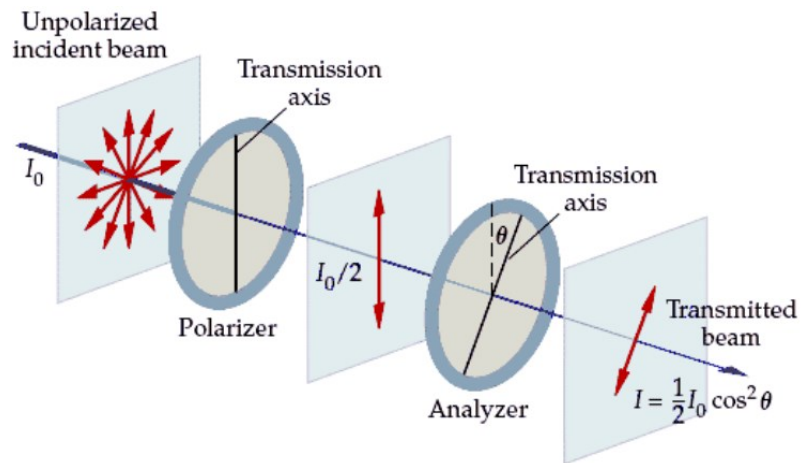


p: parallel, s: senkrecht azaz merőleges

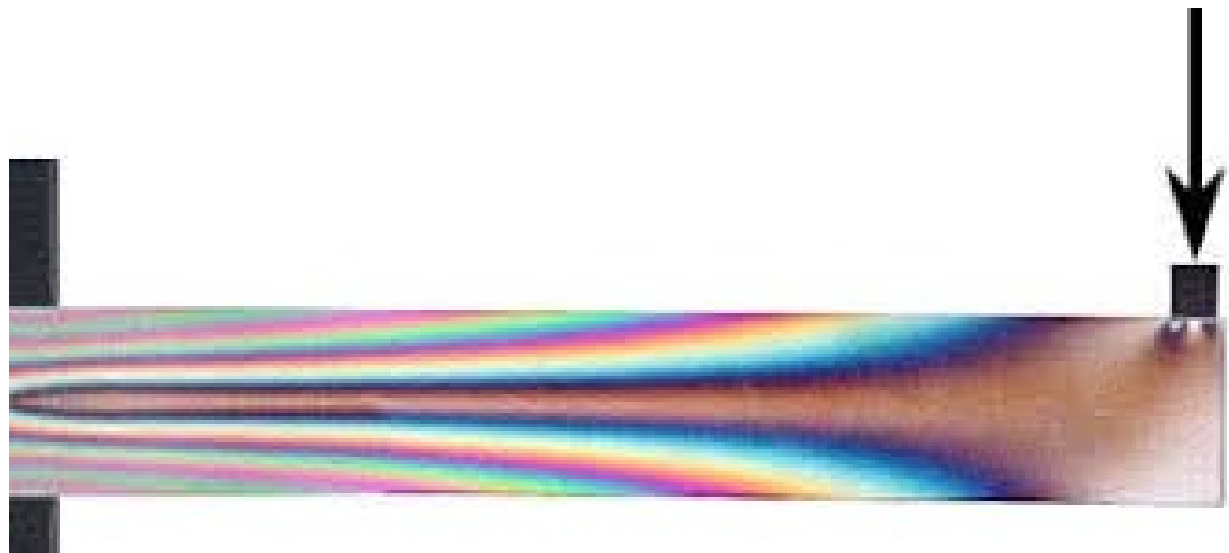
LCD: Liquid Crystal Display: folyadékkristályos kijelző

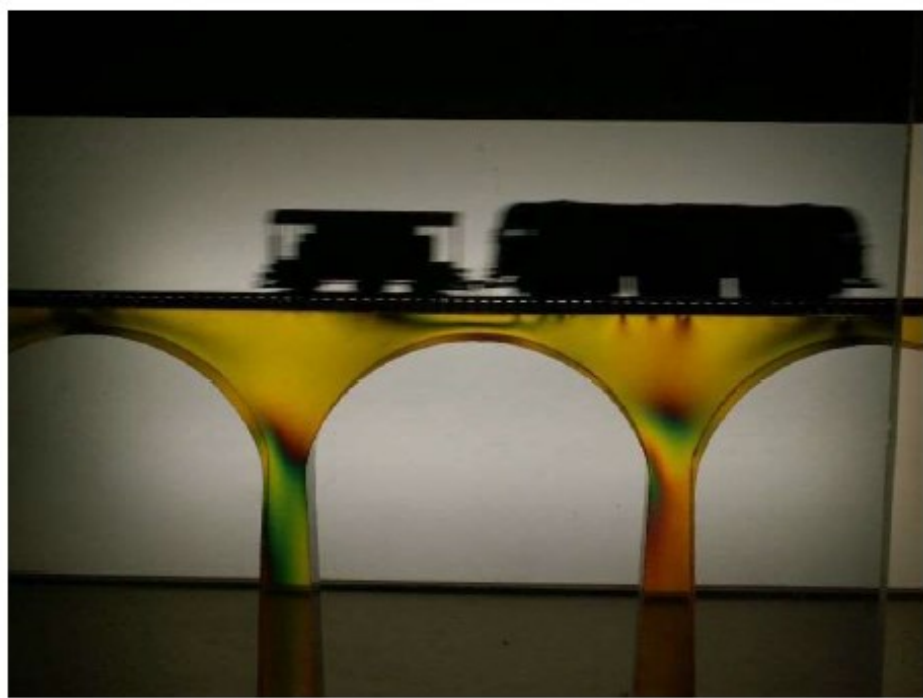
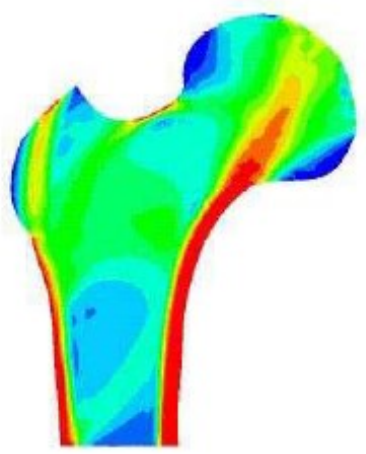
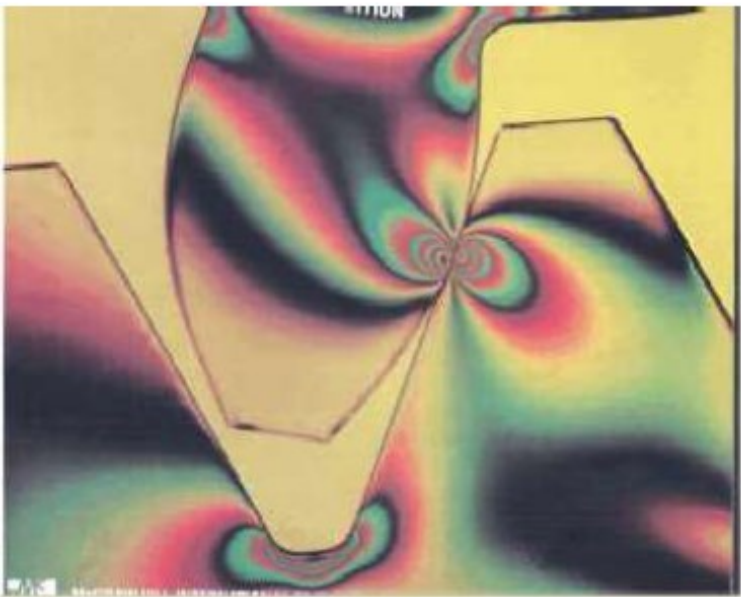


Van ám ebből színes is!



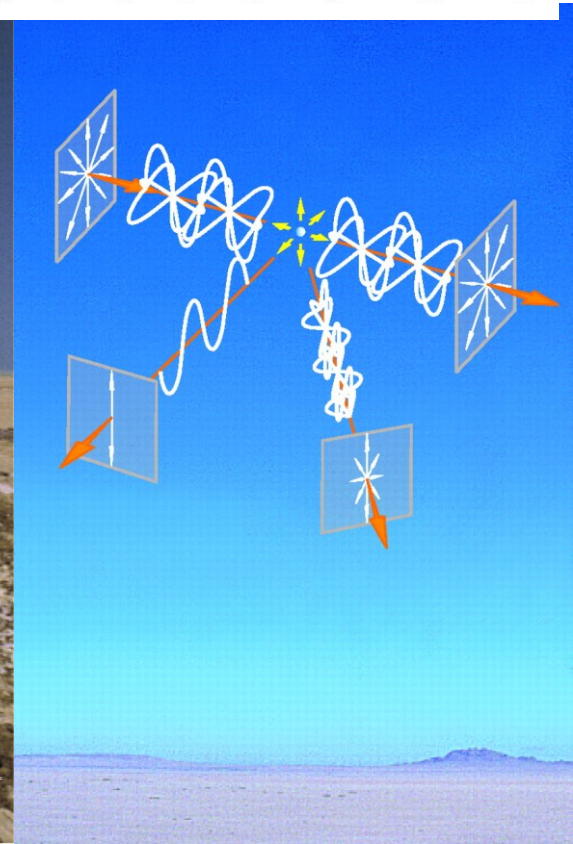
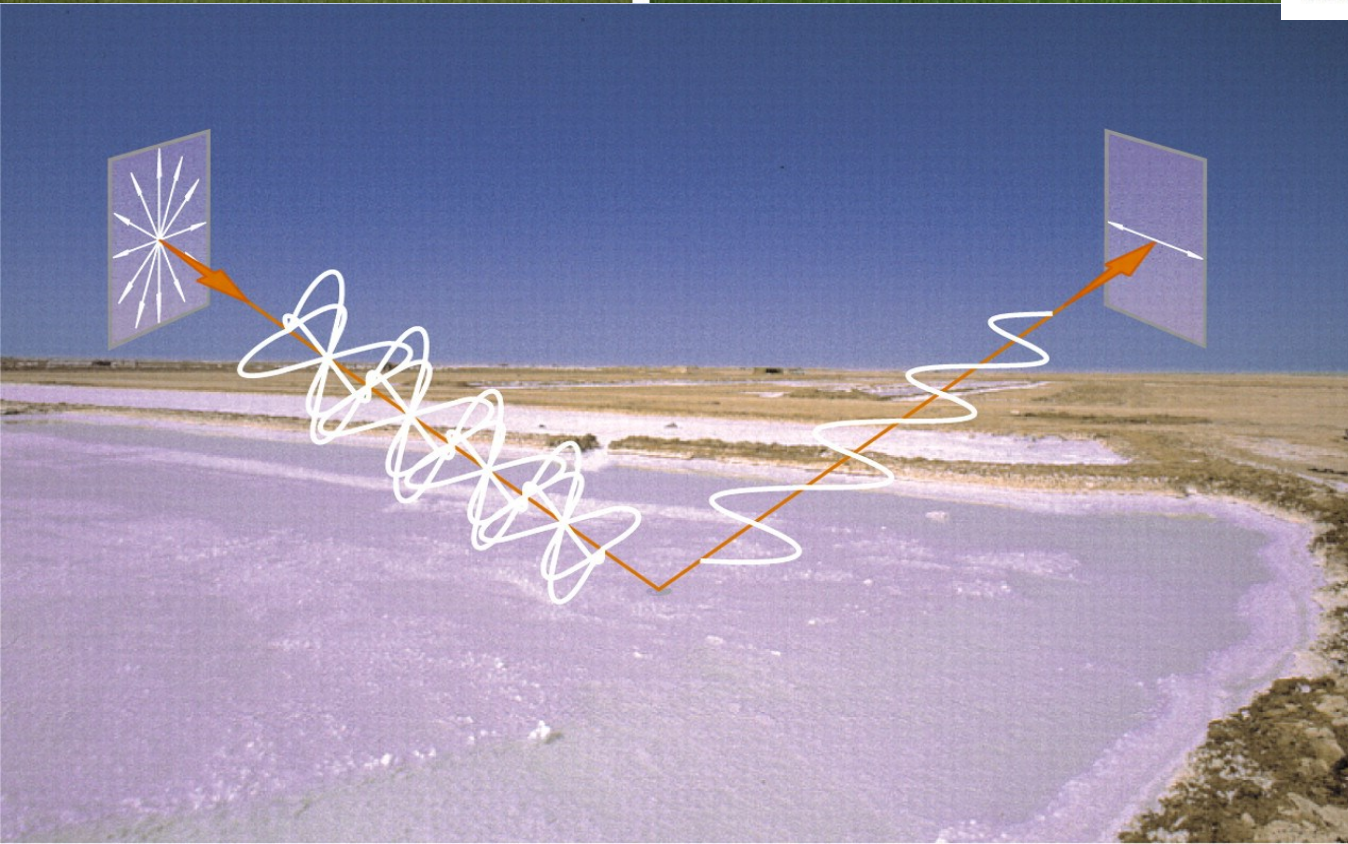
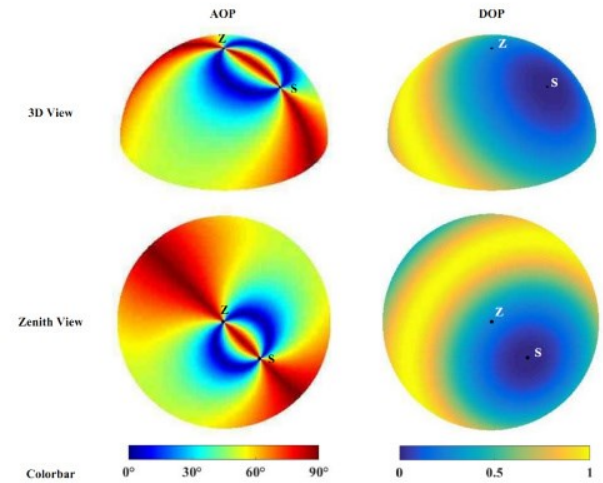
Polarizációs mechanikai feszültségmérés





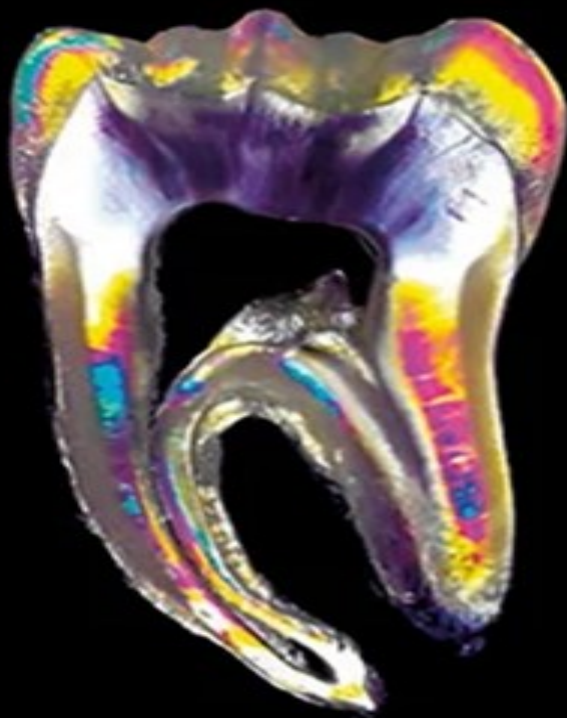


Az égbolt is polarizált



Enamel

Dentin



© R. E. L. O. F. e. t. r. a

Polarizációs fogászati fényképezés

Fogpótlások színegyeztetése

