

A fogorvosi anyagtudomány fizikai alapjai

– 10 –

Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok.

Agócs Gergely, Tölgyesi Ferenc
2021. november 8.

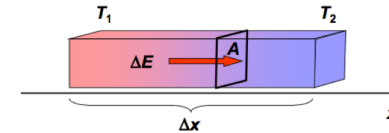
Tankönyvi
fejezetek:
19, 20, 21

FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

1

Hővezetés



energiaáram-erősség (I_E): $I_E = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ (J/s)

Fourier-törvény:

$$I_E = \frac{\Delta E}{\Delta t} = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

λ : hővezető képesség (hővezetési együttható)
J/(s·m²·K/m) = W/(m·K)

hőmérsékletesés
(≈ hőmérsékletgradiens)

energiaáram-
erősség

FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

2

A hővezetés mechanizmusa

A hővezetés mechanizmusa:

- részecskék ütközése (minden anyagban lehetséges)
- szabad elektronok haladó mozgása révén (csak fémekben)

A hővezető képesség függ:

- a halmazállapottól – szilárd fázisban a legnagyobb, folyadék fázisban kisebb, gázfázisban a legkisebb
- a sűrűségtől
- kis mértékben a hőmérséklettől



Néhány fogászati anyag
hővezetési együtthatója:

| anyag | λ (W/(mK)) |
|-------------|--------------------|
| fogzománc | 0,9 |
| dentin | 0,6 |
| víz | 0,44 |
| amalgám | 23 |
| arany | 300 |
| porcelán | 1 |
| üveg | 0,6-1,4 |
| akrilát | 0,2 |
| PMMA | 0,2-0,3 |
| cinkfoszfát | 1,2 |

Csak stacionárius esetben
alkalmazható egyszerűen
(l. emberi test hőleadása)!

FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

3

Nemstacionárius körülmények esetén



A hőmérsékletugrás késleltetésének (csillapításának) oka: a közbelső szövetek felmelegítéséhez energia kell (energiát nyelnek el), így kevesebb energiát visznek át a pulpára. (Az energiaelnyelő képesség az egységnyi térfogatú szövet hőkapacitásától függ.)

Hőmérséklet-vezetési együttható (hődiffúzitás), D (m²/s):

$$D = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$$

fajhő

sűrűség

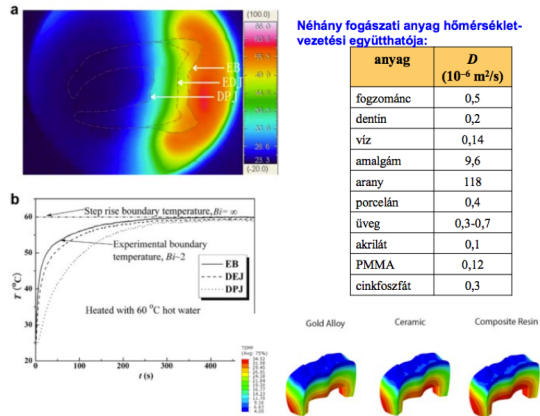
Amikor a közbelső szövetek már felmelegedtek, termikus egyensúly áll be, a transport stacionáriusává válik.

FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

4

Hőmérsékletvezetés a fogban



FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

5

Hőtágulás

Lineáris hőtágulás:

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta T$$

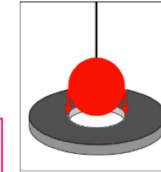
 α — lineáris hőtágulási együttható (1/K)

Térfogati hőtágulás:

$$\frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta T$$

 β — térfogati hőtágulási együttható (1/K)

$$\beta = 3\alpha$$



Néhány fogászati anyag lineáris hőtágulási együtthatója:

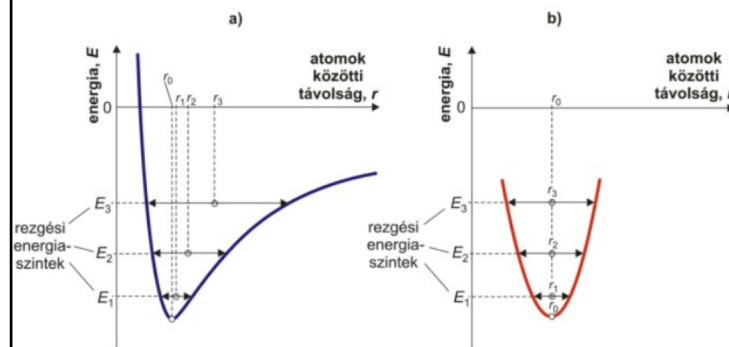
| anyag | α (10^{-6} 1/K) |
|----------------|------------------------------------|
| fogzománc | 11,4 |
| dentin | 8,3 |
| arany | 14,2 |
| aranyötvözetek | 11-16 |
| amalgám | ≈ 25 |
| porcelán | 4-16 |
| akrilát | 90 |
| üveg | 8 |
| PMMA | 90-160 |
| szilikon | 100-200 |
| gipsz | 15-20 |
| viasz | 300-500 |

FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

6

A hőtágulás magyarázata

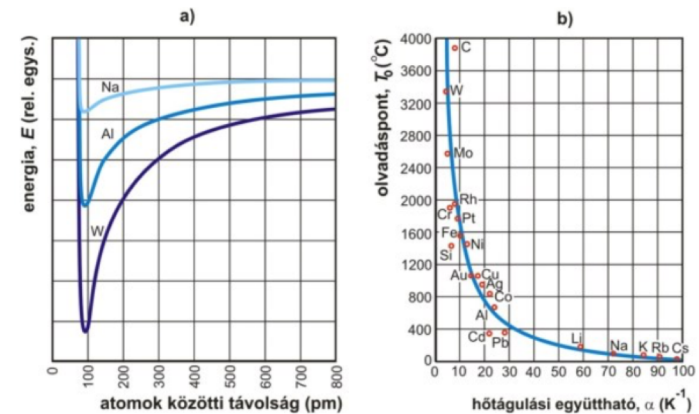


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

7

Hőtágulás: példák



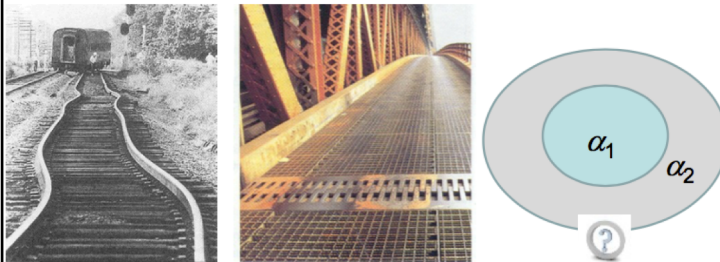
FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

8

Hőtágulás következménye

Különböző hőtágulás \Rightarrow feszültségek!



FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

9

Elektromos tulajdonságok

Fajlagos ellenállás (ρ):

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \quad (\Omega \text{m})$$

Fajlagos vezetés,
(fajlagos) vezetőképesség (σ):

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad ((\Omega \text{m})^{-1} = \text{S/m})$$

| anyag | σ (S/m) | |
|-----------|--------------------|------------|
| ezüst | $6,8 \cdot 10^7$ | vezetők |
| arany | $4,3 \cdot 10^7$ | |
| platina | $0,94 \cdot 10^7$ | |
| germánium | 2,2 | félvezetők |
| szilícium | $4 \cdot 10^{-4}$ | |
| cirkon | $\approx 10^{-10}$ | szigetelők |
| porcelán | $\approx 10^{-11}$ | |
| üveg | $\approx 10^{-13}$ | |
| PMMA | $\approx 10^{-12}$ | |
| PE | $\approx 10^{-16}$ | |

Elektromos vezetőképesség tényezői:

- szabad töltéshordozók (elektron, ionok) mennyisége
- mozgékonyaságuk

FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

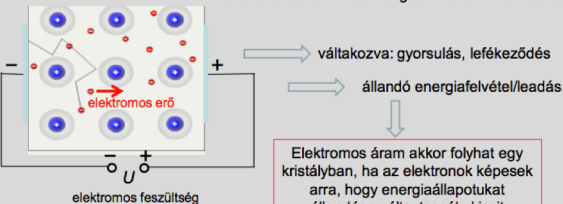
10

Elektromos vezetés

Elektromos áram = elektromos töltéshordozók (elektronok, ionok, ...)
kollektív vándorlása

Ehhez szabad (kváziszabad)
töltéshordozók szükségesek.

Pl. az elektronok mozgása egy fémkristályban:
véletlenszerű termikus mozgás + kollektív vándorlás



elektromos feszültség

váltakozva: gyorsulás, lefékezés
állandó energiafelvétel/leadás

Elektromos áram akkor folyhat egy
kristályban, ha az elektronok képesek
állandóan változtatni: kicsit
magasabb energiájú állapotba
kerüljenek, majd vissza, aztán újra
föl, és így tovább.

FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

11

Szilárdtestek elektronszerkezete: sávmodell

Sávok feltöltődése:

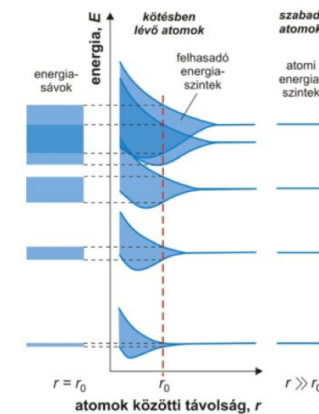
- energiaminimum
- Pauli-elv
- elektronok száma

• **vezetési sáv**

Az üres, ill. a részben
betöltött sávok közül
a legelső.

• **vegértéksáv:**

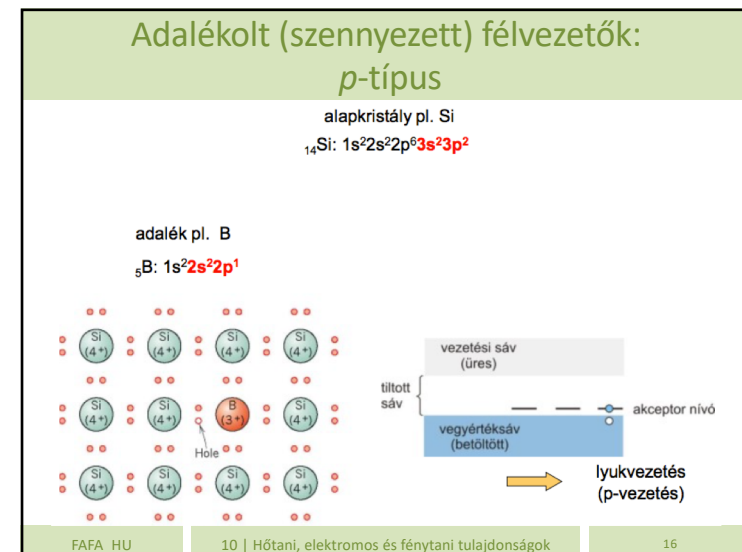
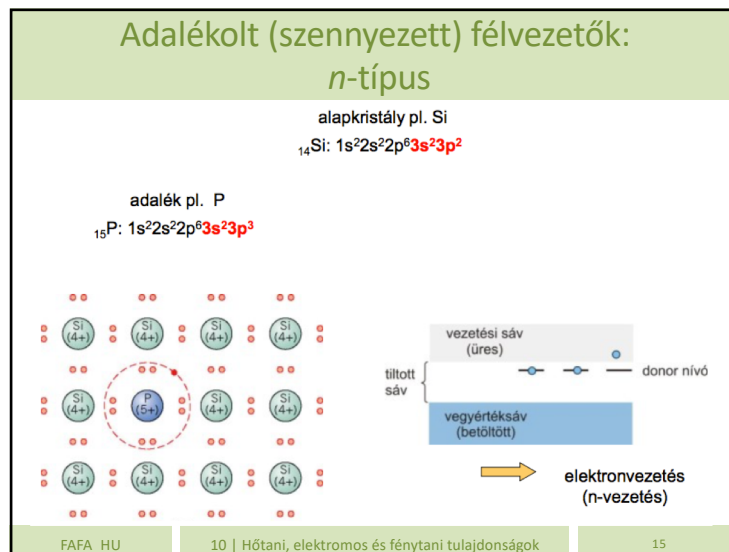
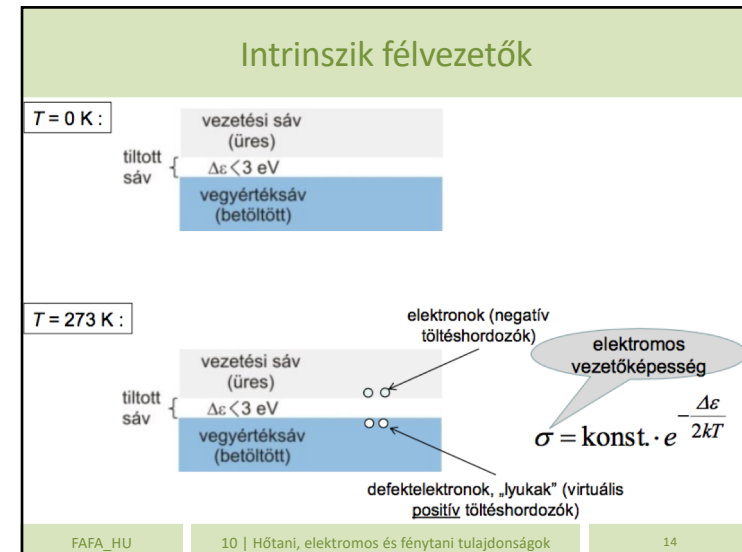
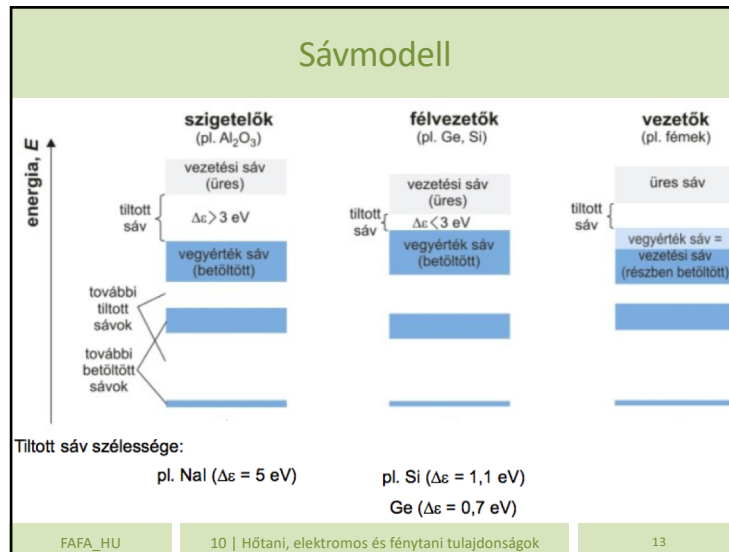
Azon sávok közül,
amelyekben elektron
található, a legfelső.



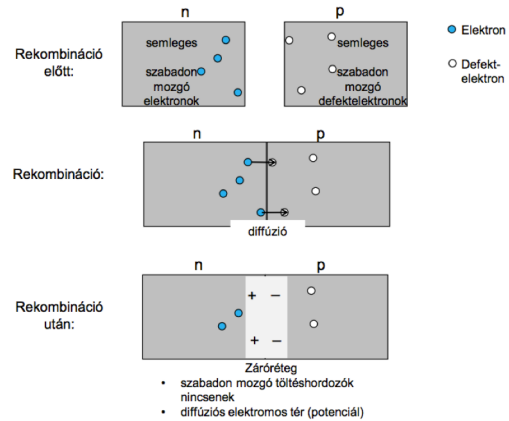
FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

12



Adalékolt félvezetők alkalmazása: dióda

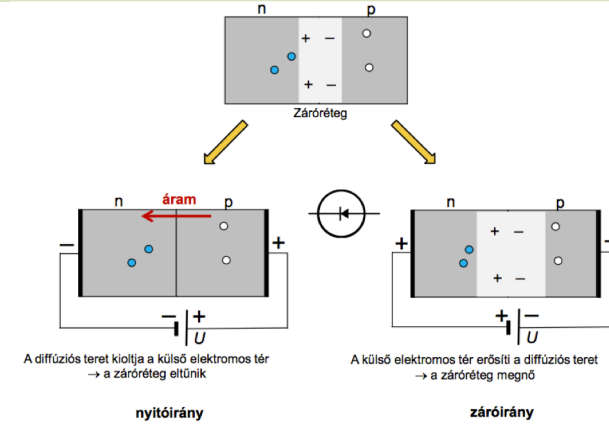


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

17

Adalékolt félvezetők alkalmazása: egyenirányító

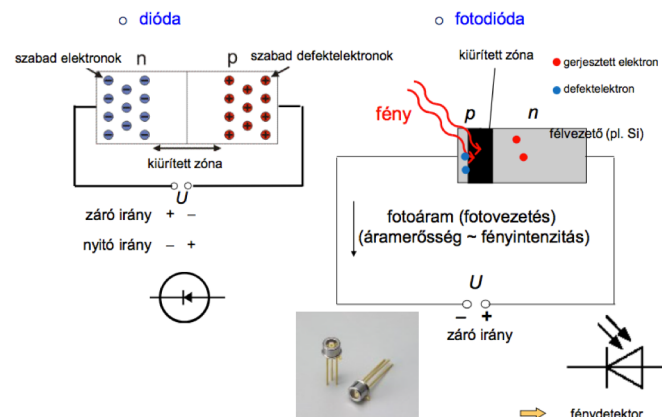


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

18

Adalékolt félvezetők alkalmazása: fotodióda

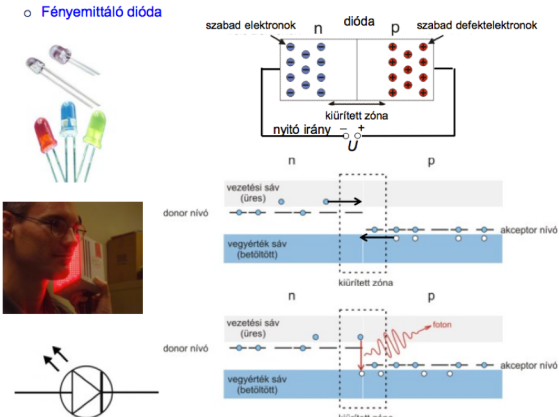


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

19

Adalékolt félvezetők alkalmazása: LED

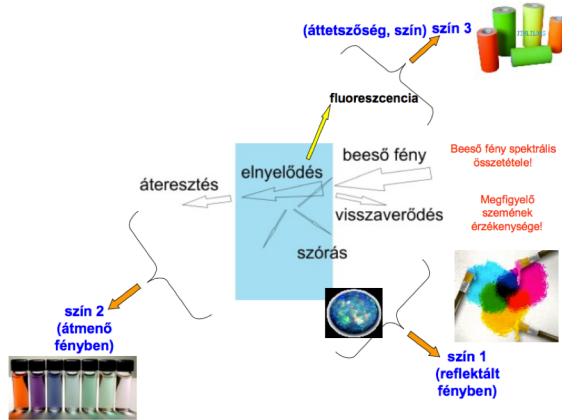


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

20

Optikai tulajdonságok

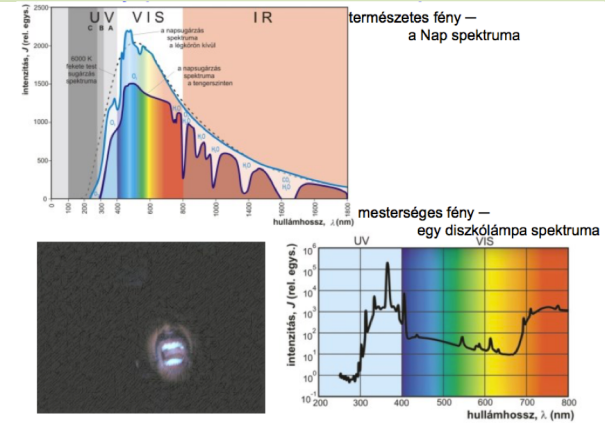


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

21

Beeső fény spektrális összetétele: emissziós spektrum

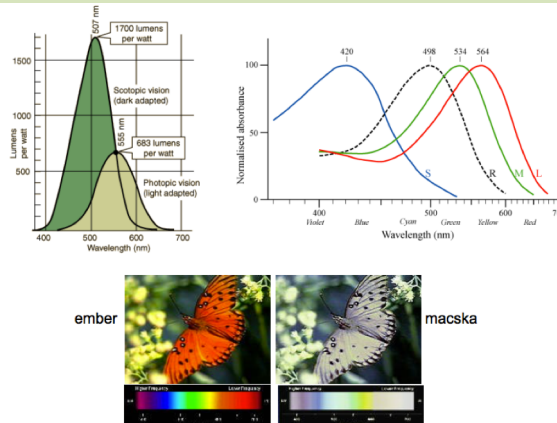


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

22

Észlelő szemének spektrális érzékenysége: abszorpciós spektrum

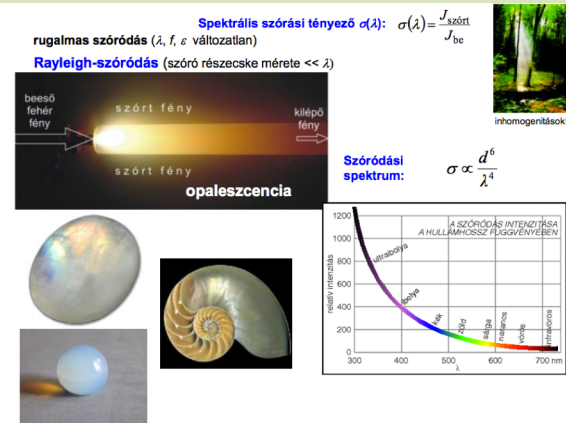


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

23

Fény rugalmas szóródása

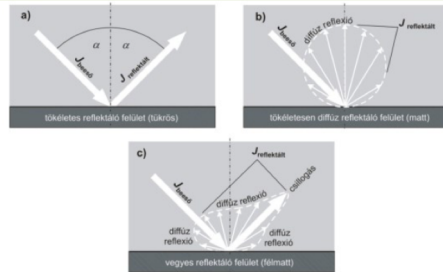


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

24

Fényvisszaverődés (reflexió)



Spektrális reflexiós tényező, reflektancia $\rho(\lambda)$ (esetleg n): $\rho(\lambda) = \frac{J_{\text{refl}}}{J_{\text{be}}}$

- ρ függ:
- beesési szögtől
 - a két anyagtól (törésmutatók)

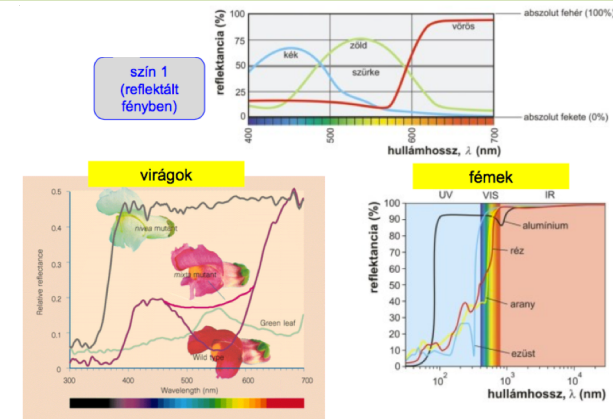
merőleges beesésnél: $\rho = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$

FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

25

Reflexiós spektrum

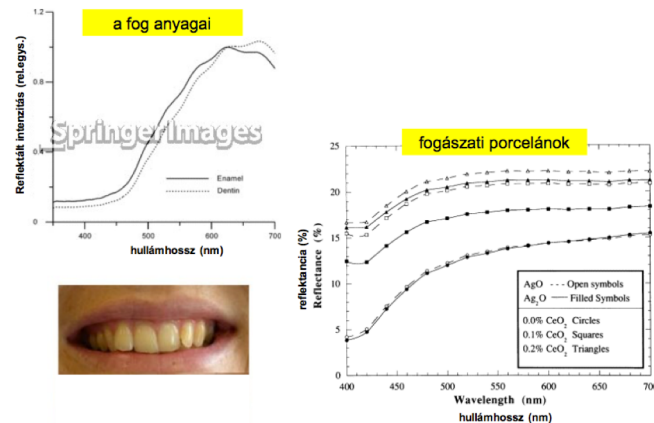


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

26

Fogorvosi anyagok reflexiós spektrumai



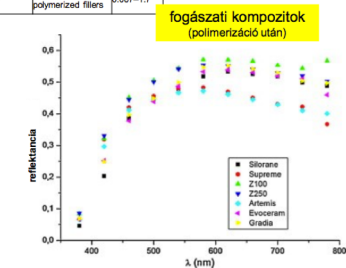
FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

27

Fogorvosi anyagok reflexiós spektrumai

| Dental resin composite | Manufacturer | Organic matrix | Filler particle type | Filler particle size (μm) |
|------------------------|--------------|-----------------------------------|---|---------------------------|
| Fittek Silorane | Silorane | Silorane | Quartz filler, yttrium fluoride | 0.1-2 |
| Fittek Supreme XT | | Bis-GMA, UDMA, TEGDMA and Bis-EMA | Zirconium-Silica agglomerate, highly dispersed silica | 0.6-1.4 |
| Fittek Z250 | | Bis-GMA, UDMA and Bis-EMA | Zirconium, Silica | 0.01-3.5 |
| Z100 | | Bis-GMA and TEGDMA | Zirconium, Silica | 0.01-3.5 |
| Gradia Direct | | UDMA, dimethacrylate co-monomers | Silica and pre-polymerized fillers | 0.007-1.7 |



FAFA_HU

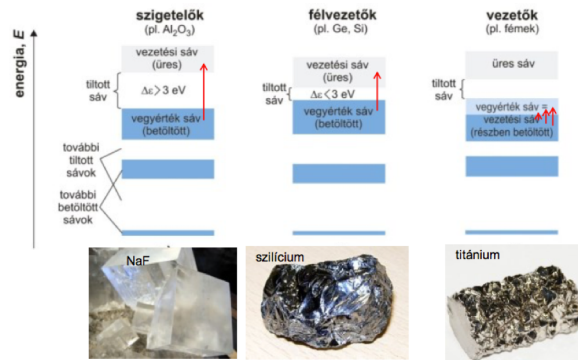
10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

28

Fényelnyelődés (abszorpció)

Spektrális abszorpciós tényező $\alpha(\lambda)$:

$$\alpha(\lambda) = \frac{J_{\text{absz}}}{J_{\text{be}}}$$

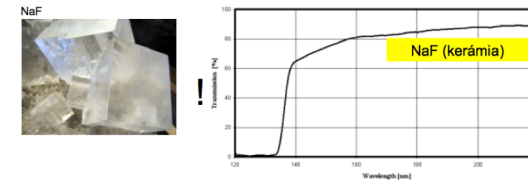


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

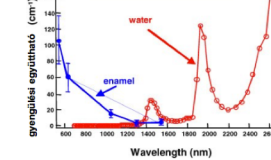
29

Abszorpciós spektrum



Gyengülés = szóródás + abszorpció:

a fog anyagai



FAFA_HU

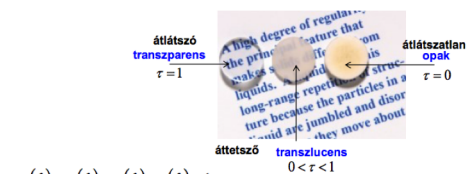
10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

30

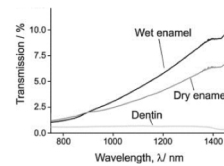
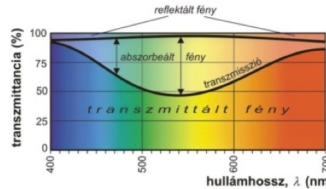
Fényáteresztés (transzmisszió)

Spektrális transzmissziós tényező, transzmittancia $\tau(\lambda)$ (esetleg η):

$$\tau(\lambda) = \frac{J_{\text{a}}}{J_{\text{be}}}$$



$$\rho(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$

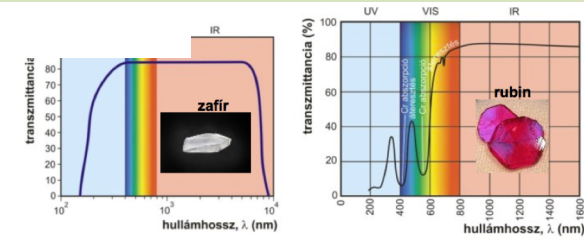


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

31

Transzmissziós spektrum



szín 2
(átmenő fényben)

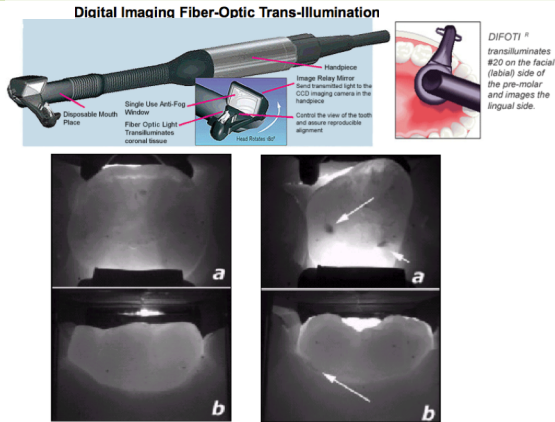


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

32

Fogrovosi alkalmazás: DIFOTI®

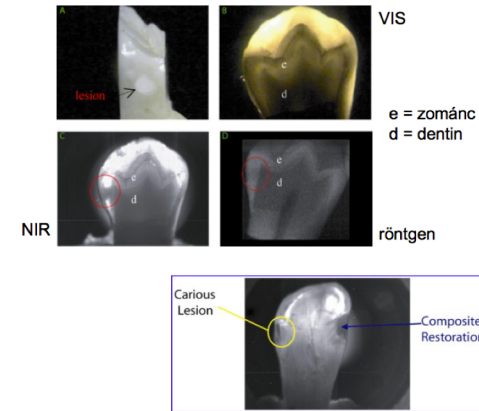


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

33

Fogrovosi alkalmazás: átvilágítás közeli infravörös fénnel

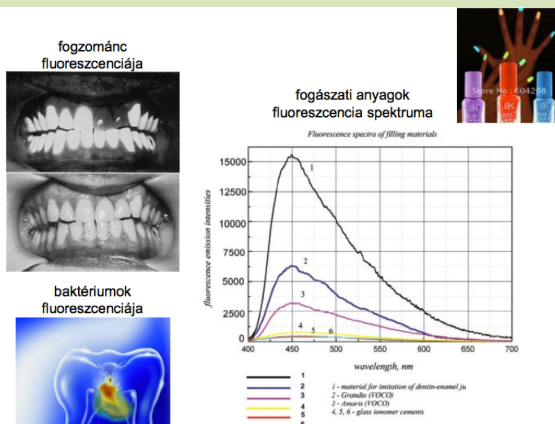


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

34

Fluoreszcencia

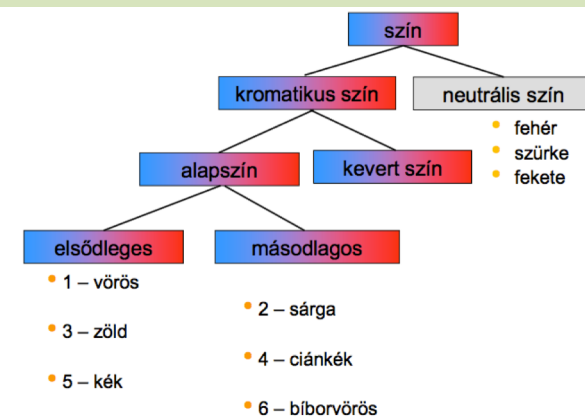


FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

35

A szín értelmezése



FAFA_HU

10 | Hőtani, elektromos és fénytani tulajdonságok

36

