



Fogorvosi anyagtan fizikai alapjai

10.

Hőtani, elektromos és optikai tulajdonságok

Kiemelt témák:

- ❖ *Hővezetés és hőmérsékletvezetés*
- ❖ *Hőtágulás és következményei*
- ❖ Szilárdtestek *energiásáv modelljei*
- ❖ *Félvezetők* és alkalmazásai
- ❖ A *szín* keletkezése és számszerű megadása

Tankönyv fej.:
19, 20 és 21

Házi feladat:
5. fej.:
1, 2, 5, 6, 8, 9, 10,
16, 17, 19, 20, 27,
31, 32, 35

1

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:

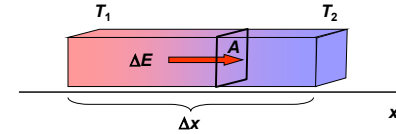
anyag	λ (W/(mK))
fogzománc	0,9
dentin	0,6
víz	0,44
amalgám	23
arany	300
porcelán	1
üveg	0,6-1,4
akrilát	0,2
PMMA	0,2-0,3
cinkfoszfát	1,2

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

3

Hőtani tulajdonságok

1. Hővezetés



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

Fourier-törvény:

energiaáram-erősség

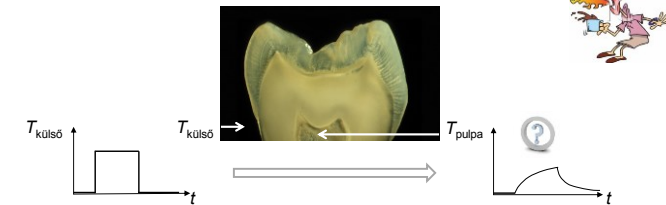
$$I_E = \frac{\Delta E}{\Delta t} = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

hőmérsékletesés
(\approx hőmérsékletgradiens)

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

2

Nemstacionárius körülmények között:



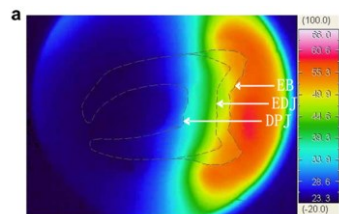
A hőmérsékletugrás késleltetésének (csillapításának) oka: a közbelső szövetek felmelegítéséhez energia kell (energiát nyelnek el), így kevesebb energiát visznek át a pulpára. (Az energiaelnyelő képesség az egységnyi térfogatú szövet hőkapacitásától függ.)

Hőmérséklet-vezetési együttható (hődiffúzitás), D (m²/s): $D = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$

fajhő sűrűség

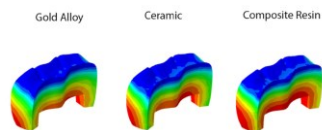
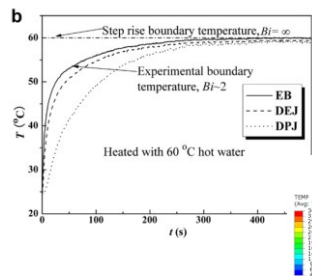
Amikor a közbelső szövetek már felmelegedtek, termikus egyensúly áll be, a transzport stacionáriussá válik.

4



Néhány fogászati anyag hőmérséklet-vezetési együtthatója:

anyag	D ($10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)
fogzománc	0,5
dentin	0,2
víz	0,14
amalgám	9,6
arany	118
porcelán	0,4
üveg	0,3-0,7
akrilát	0,1
PMMA	0,12
cinkfoszfát	0,3



5

2. Hőtágulás

Lineáris hőtágulás:

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

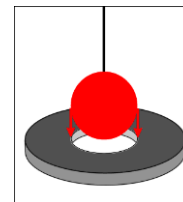
α — lineáris hőtágulási együttható ($1/\text{K}$)

Térfogati hőtágulás:

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

β — térfogati hőtágulási együttható ($1/\text{K}$)

$$\beta = 3\alpha$$

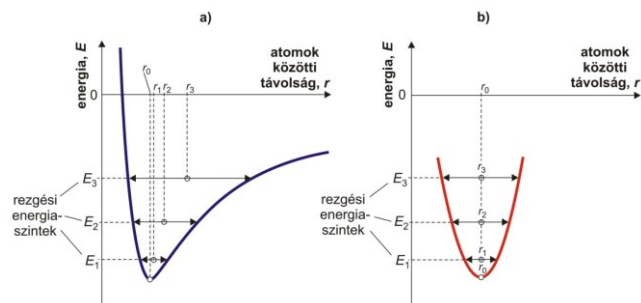


Néhány fogászati anyag lineáris hőtágulási együtthatója:

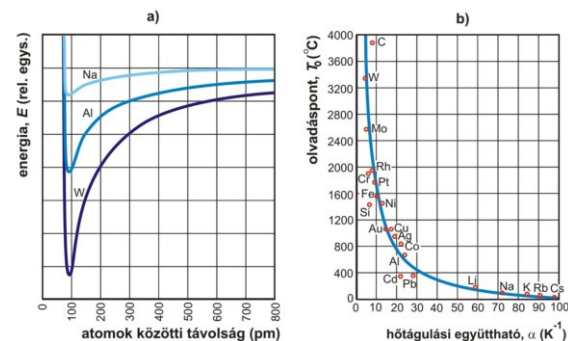
anyag	α ($10^{-6} 1/\text{K}$)
fogzománc	11,4
dentin	8,3
arany	14,2
aranyötvözetek	11-16
amalgám	≈ 25
porcelán	4-16
akrilát	90
üveg	8
PMMA	90-160
szilikon	100-200
gipsz	15-20
viasz	300-500

6

A hőtágulás háttere:



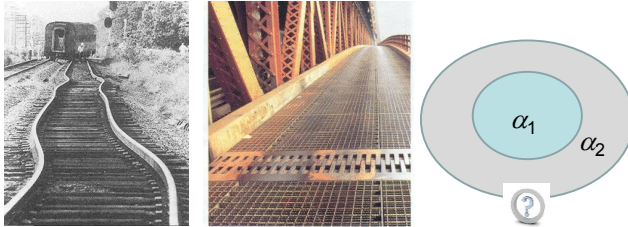
7



8

A hőtágulás (esetleges) következménye:

Különböző hőtágulás \Rightarrow feszültségek!



Elektromos tulajdonságok

Fajlagos ellenállás (ρ):

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

Fajlagos vezetés, (fajlagos) vezetőképesség (σ):

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

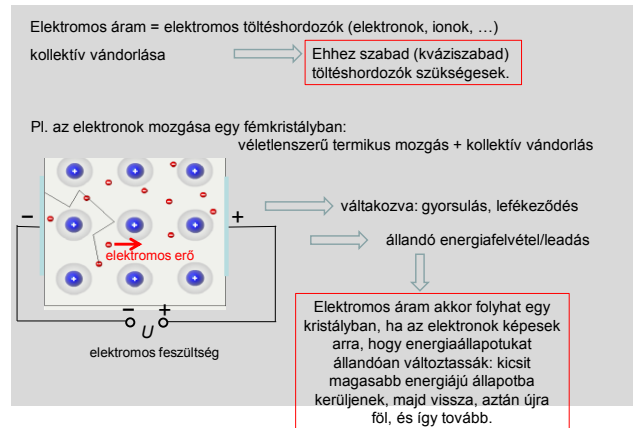
anyag	σ (S/m)	
ezüst	$6,8 \cdot 10^7$	vezetők
arany	$4,3 \cdot 10^7$	
platina	$0,94 \cdot 10^7$	félvezetők
germánium	2,2	
szilícium	$4 \cdot 10^{-4}$	szigetelők
cirkon	$\approx 10^{-10}$	
porcelán	$\approx 10^{-11}$	
üveg	$\approx 10^{-13}$	
PMMA	$\approx 10^{-12}$	
PE	$\approx 10^{-16}$	

Elektromos vezetőképesség tényezői:

- szabad töltéshordozók (elektron, ionok) mennyisége
- mozgékonyaságuk

9

10



11

Szilárdtestek elektronszerkezete – sávmodell

Sávok feltöltődése:

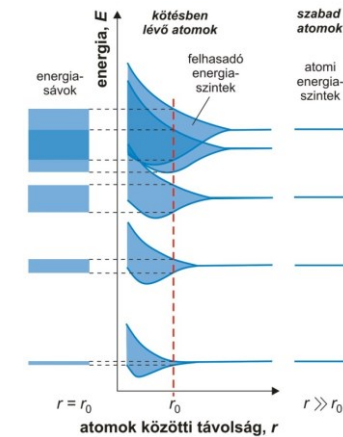
- energiaminimum
- Pauli-elv
- elektronok száma

vezetési sáv

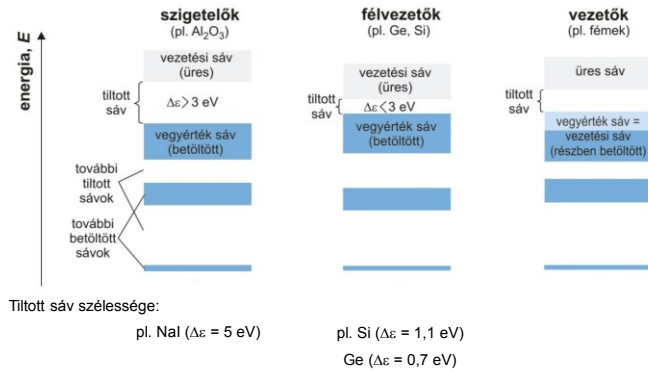
Az üres, ill. a részben betöltött sávok közül a legalsó.

vegyértéksáv:

Azon sávok közül, amelyekben elektron található, a legfelső.

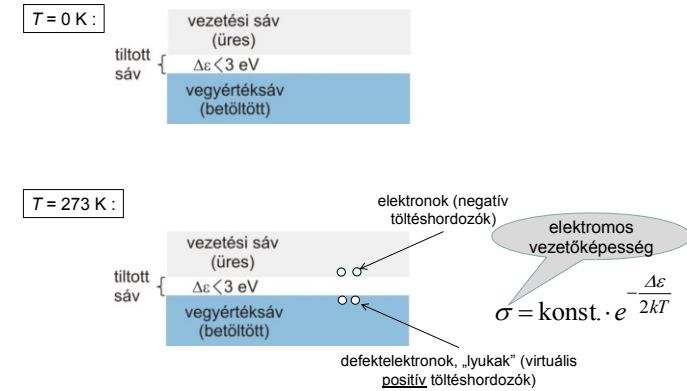


12



13

Tiszta félvezető (intrinsic vezetés)

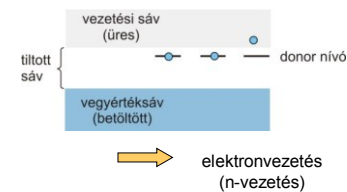
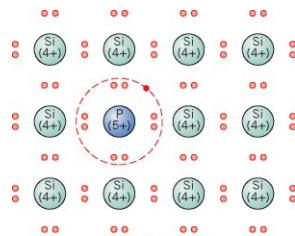


14

Szennyezett félvezető

n-félvezető

adalék pl. P
 $_{15}\text{P}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

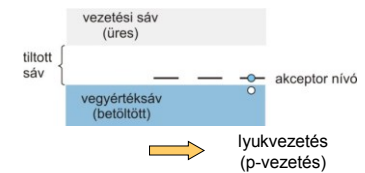
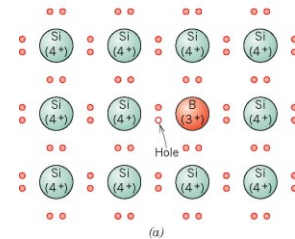


15

Szennyezett félvezető

p-félvezető

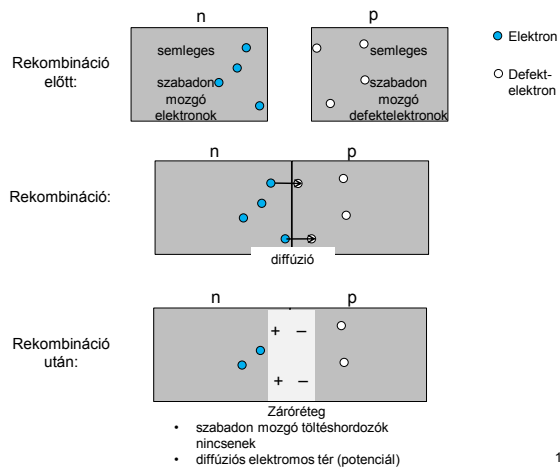
adalék pl. B
 $_{5}\text{B}: 1s^2 2s^2 2p^1$



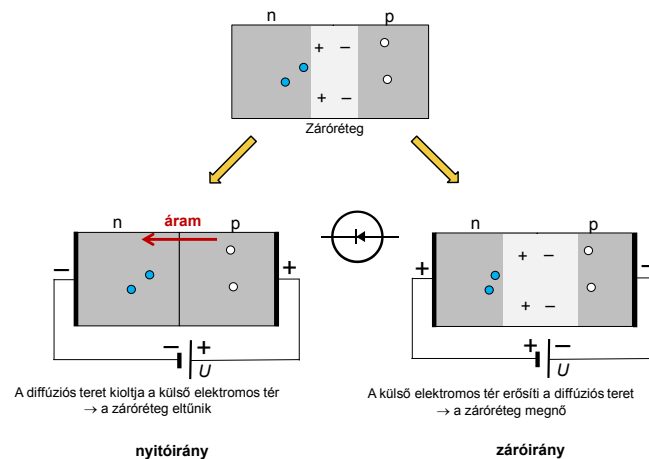
16

Szennyezett félvezetők alkalmazása

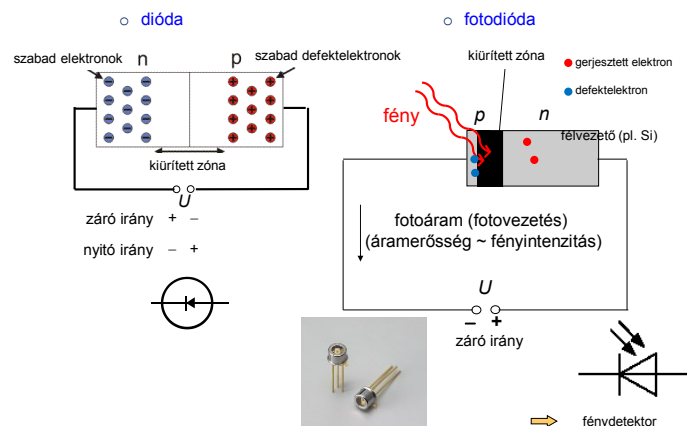
dióda



17

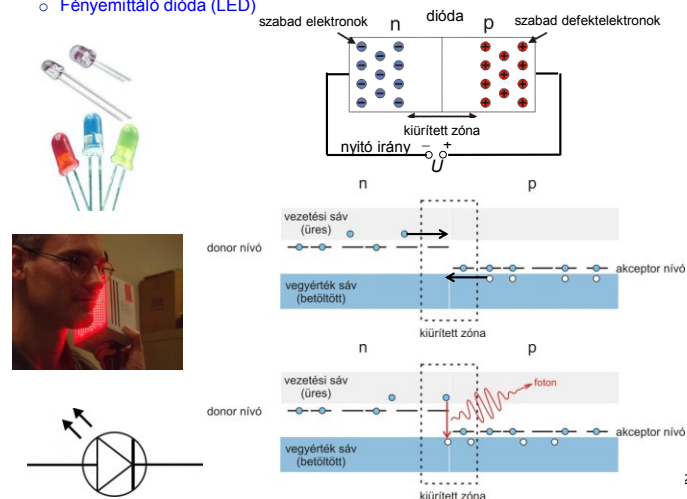


18



19

Fényemittáló dióda (LED)



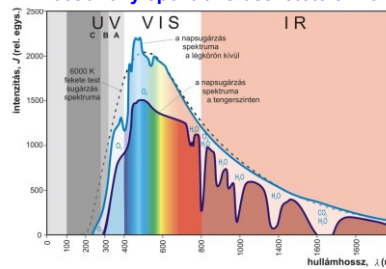
20

Optikai tulajdonságok (áttetszőség, szín) szín 3



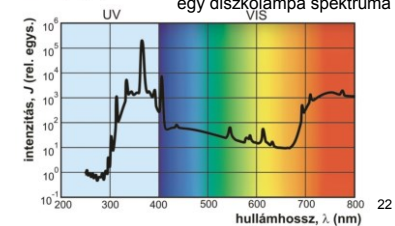
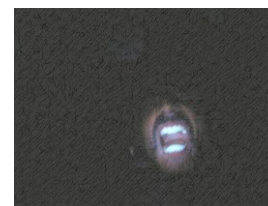
21

Beeső fény spektrális összetétele — emissziós spektrum



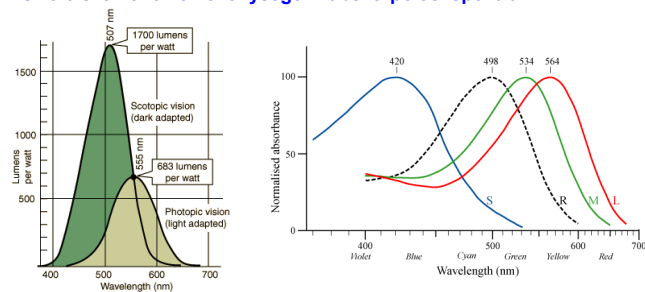
természetes fény — a Nap spektruma

mesterséges fény — egy diszklámpa spektruma



22

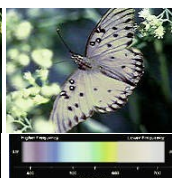
Észlelő szemének érzékenysége — abszorpciós spektrum



ember



macska



23

1. Szóródás (szórás):

Spektrális szórási tényező $\sigma(\lambda)$: $\sigma(\lambda) = \frac{J_{\text{szórt}}}{J_{\text{be}}}$

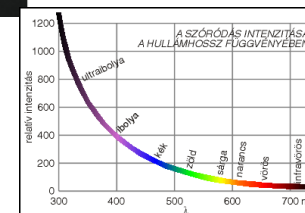
- rugalmas szóródás (λ, f, ε változatlan)

Rayleigh-szóródás (szóró részecske mérete $\ll \lambda$)



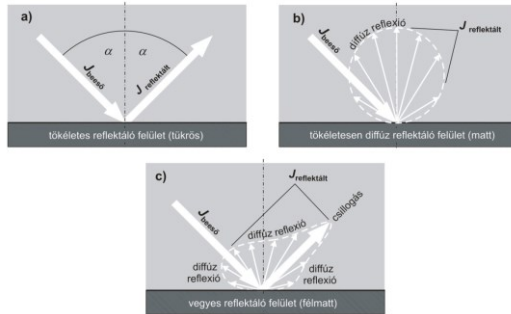
Szóródási spektrum:

$$\sigma \propto \frac{d^6}{\lambda^4}$$



24

2. Reflexió (visszaverődés):



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

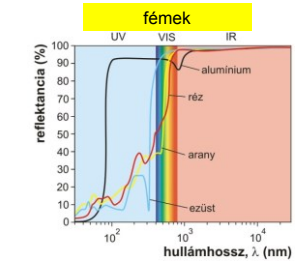
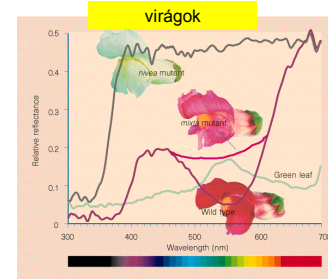
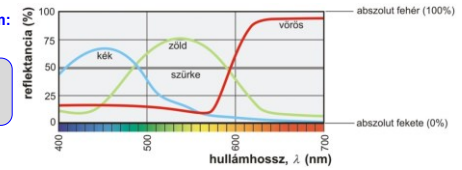
- ρ függ:
- beesési szögtől
 - a két anyagtól (törésmutatók)

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

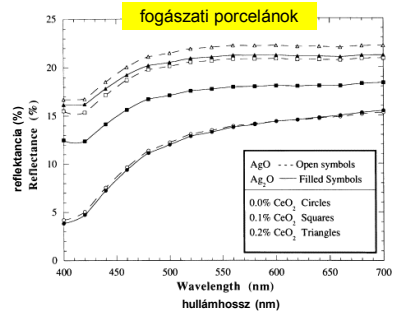
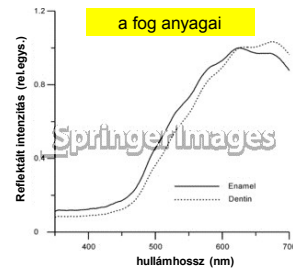
25

- a hullámhossztól

Reflexiós spektrum:



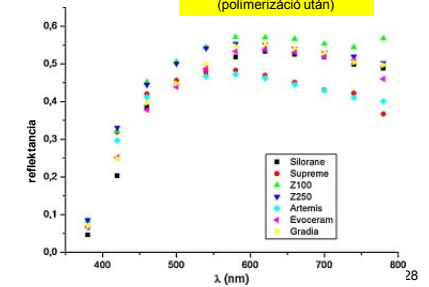
26



27

Dental resin composite	Manufacturer	Organic matrix	Filler particle type	Filler particle size (μm)
Filtek Silorane		Silorane	Quartz filler, yttrium fluoride	0.1–2
Filtek Supreme XT		Bis-GMA, UDMA, TEGDMA and Bis-EMA	Zirconium-Silica agglomerate, highly dispersed silica	0.6–1.4
Filtek 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 copolymers	Silica and pre-polymerized fillers	0.007–1.7

fogászati kompozitok (polimerizáció után)



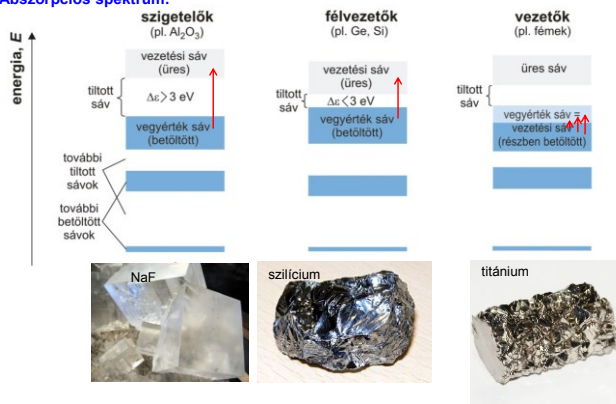
28

3. Abszorpció (elnyelődés):

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

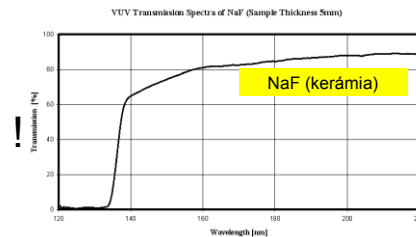
$$\alpha(\lambda) = \frac{J_{\text{absz}}}{J_{\text{be}}}$$

Abszorpciós spektrum:

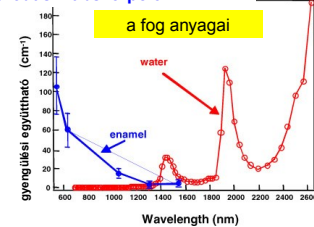


29

NaF



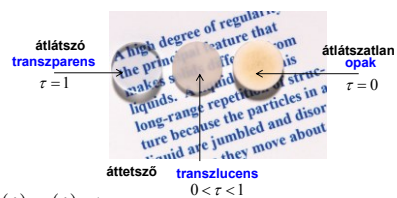
Gyengülés = szóródás + abszorpció:



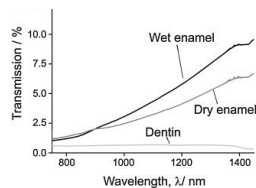
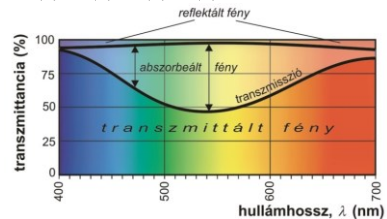
30

4. Transzmisszió (áteresztés):

Spektrális transzmissziós tényező, transzmittancia $\tau(\lambda)$ (esetleg η): $\tau(\lambda) = \frac{J_{\text{át}}}{J_{\text{be}}}$

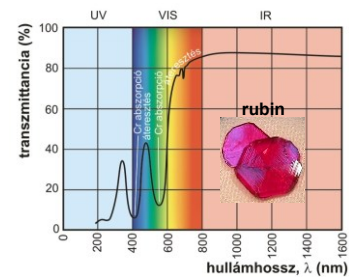
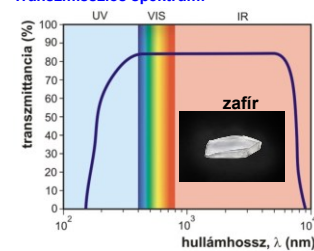


$$\rho(\lambda) + \sigma(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$



31

Transzmissziós spektrum:

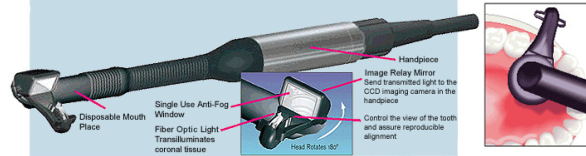


szín 2
(átmenő fényben)

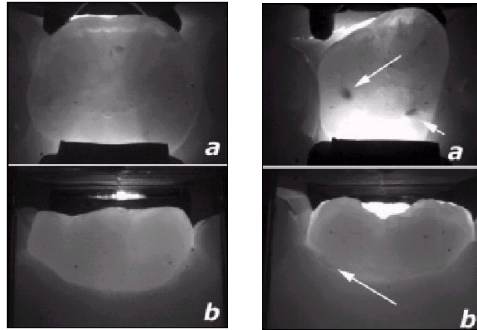


32

DIFOTI® (Digital Imaging Fiber-Optic Trans-Illumination)

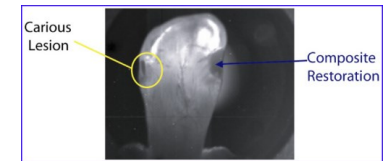
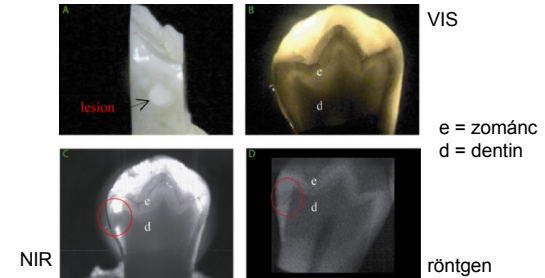


DIFOTI®
transilluminates
#20 on the facial
(labial) side of the
pre-molar and images the
lingual side.



33

Átvilágítás közeli infrában (NIR)



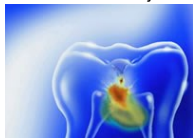
34

5. Fluoreszcencia

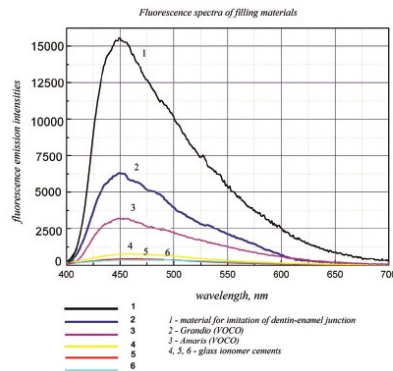
fogzománc
fluoreszcenciája



baktériumok
fluoreszcenciája

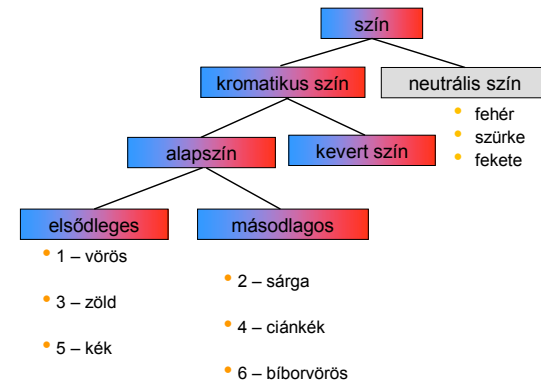


fogászati anyagok
fluoreszcencia spektruma



35

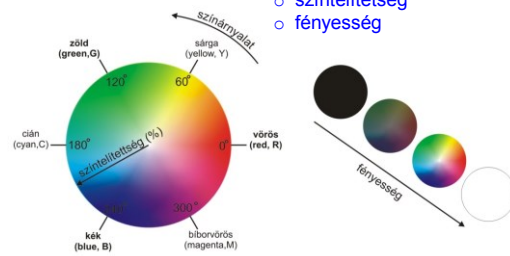
Szín



36

„színtér”: 3 koordináta

- színárnyalat
- színtelítettség
- fényesség



Következő
előadáshoz:
22.
tankönyvi
fejezet

Ellenőrző kérdések:

1. Mi a különbség a hővezetési és a hőmérséklet-vezetési együtthatók között?
2. Miért tágnak a testek melegítéskor?
3. Milyen kapcsolat van a hőtágulási együttható és a kötési energia között?
4. Milyen problémát okozhat az anyagok különböző mértékű hőtágulása?
5. Milyen gyakorlati alkalmazásait ismeri a szennyezett félvezetőknek?
6. Sorolja föl az összes tényezőt, ami befolyásolja egy test színét!