

# Laser / lézer

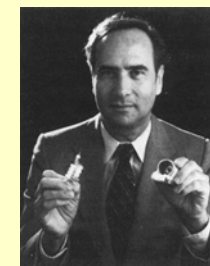
light **a**mplification by **s**timulated **e**mission of **r**adiation

Fényerősítés a sugárzás indukált emissziója révén

## Egy kis történelem

1917 - *Albert Einstein*: az indukált emisszió elméleti predikciója

1954 - *N.G. Basow, A.M. Prochorow, C. Townes*: ammonia maser



1960 - *Theodore Maiman*: az első lézer  
(rubin lézer)

## Egy kis történelem



**Alexander Prokhorov**



**Charles H. Townes**



**Nicolay Basov**

Fizikai Nobel-díj 1964

Lézerek és mézerek fejlesztése területén végzett úttörő munkásságukért



**Gabor Denes**

Fizikai Nobel-díj 1971  
A holográfia kidolgozásáért

## Egy kis történelem



**Steven Chu**



**William D. Phillips**



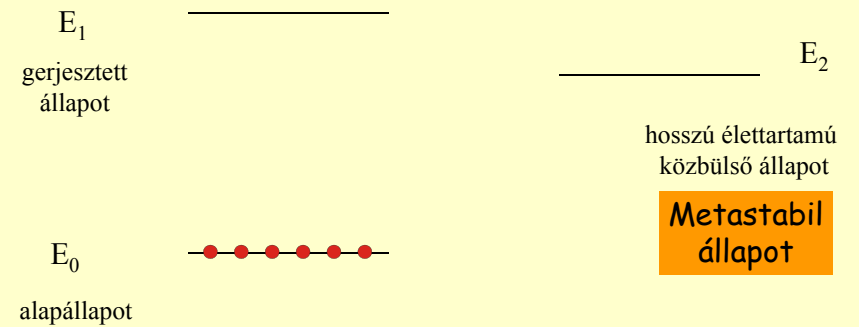
**Claude Cohen-Tannoudji**

Fizikai Nobel-díj 1997

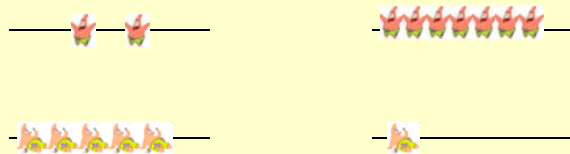
az atomok lézeres hűtésére és befogására kifejlesztett módszerért

## A lézerfény előállításának feltételei és lépései

### Speciális elektron energia állapotok



### Elektronállapotok betöltöttsége



*Termikus egyensúly*

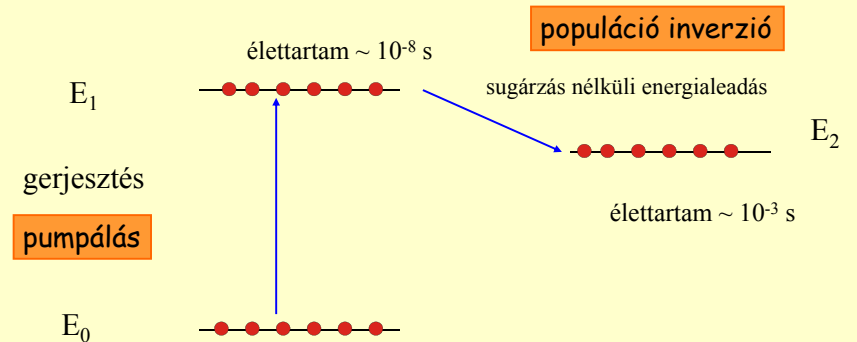
Boltzmann eloszlás szerint:

$$n = n_0 e^{-\frac{\Delta \varepsilon}{kT}}$$

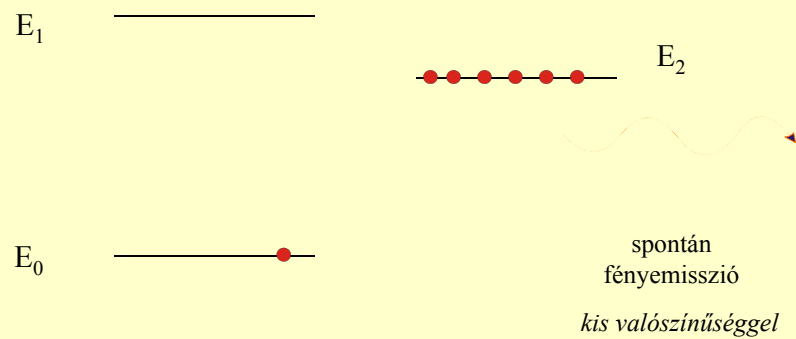
**Populáció inverzió**

"fordított" betöltöttség

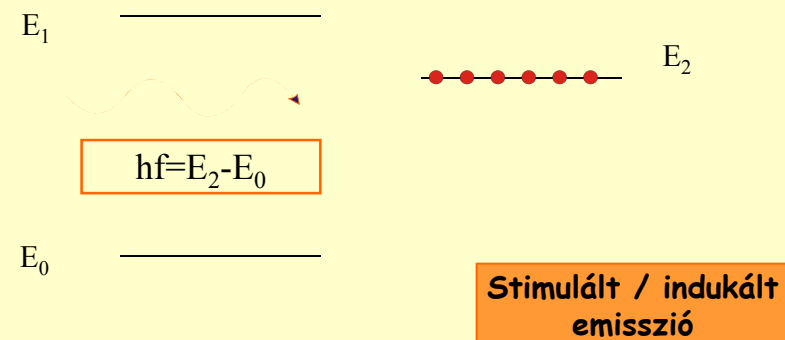
### A lézerfény keletkezésének lépései



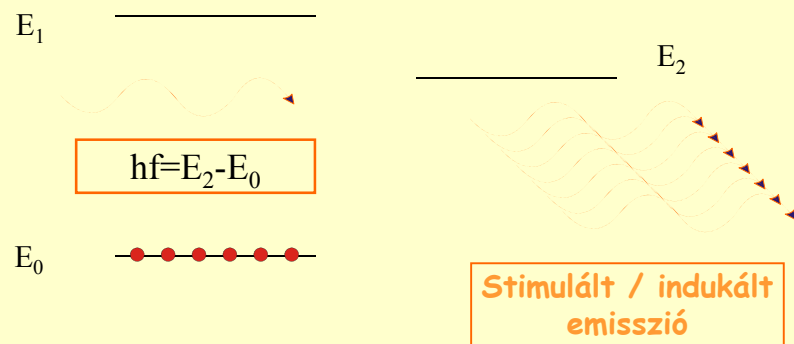
## Spontán emisszió



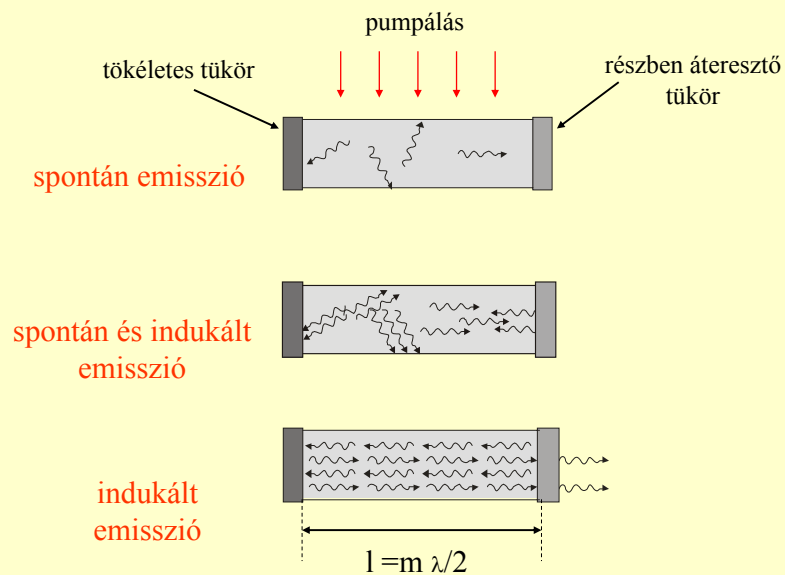
## A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása



## A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása



## Lézerső – optikai rezonátor



Az indukáló és az indukált emisszió révén keletkezett fotonoknak

**azonos** az

energiája

fázisa

rezgési síkja

terjedési iránya.

Ezért az indukált emisszióval keletkezett fény

monokromatikus

koherens

poláros

jól fókuszálható

Az indukált emisszióval keletkezett fény

monokromatikus – keskeny spektrális sáv szélesség

koherens – interferenciaképes

időbeli koherencia

térbeli koherencia

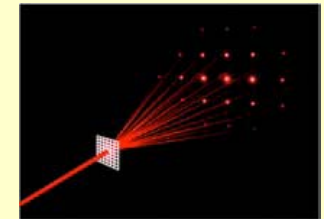
jól fókuszálható

poláros

Rövid impulzusidő lehetséges –  $ps, fs$

Nagy teljesítmény érhető el –  $kW - GW$

Nagy teljesítménysűrűség lehetséges



## A lézerek típusai

*Anyaguk szerint:*    *Működésük szerint:*    *Teljesítményük szerint:*

szilárd

impulzus

nagy teljesítményű

gáz

folyamos

kis teljesítményű

festék

felvezető

## A lézerek típusai

**Anyaguk szerint:**

*szilárdtest* ~: fémionnal szennyezett kristályok

pl. Nd – Yag\*, rubin, Ti-zafir

*gáz*~

pl. helium – neon, széndioxid, argon/kripton

*festék*~: szerves festékek híg oldata

pl. rodamin, kumarin

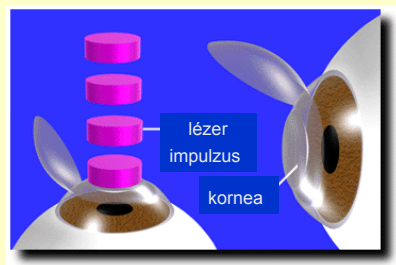
*felvezető*~: p és n-típusú félvezetők kombinációjából

\* ittrium-alumínium-gránát

## Excimer lézer – *excited dimer*

Alapállapotban monomerek, gerjesztett állapotban  
stabilis komplexek vagy dimerek

Pl. nemesgázok vagy  
nemesgáz és halogén keverékek



Ar <sub>2</sub>	126 nm
Kr <sub>2</sub>	146 nm
F <sub>2</sub>	157 nm
Xe <sub>2</sub> <sup>*</sup>	172 & 175 nm
ArF	193 nm
KrF	248 nm
XeBr	282 nm
XeCl	308 nm
XeF	351 nm
CaF <sub>2</sub>	193 nm
KrCl	222 nm
Cl <sub>2</sub>	259 nm

## A lézerek típusai

Teljesítményük szerint:

5 mW – CD-ROM drive

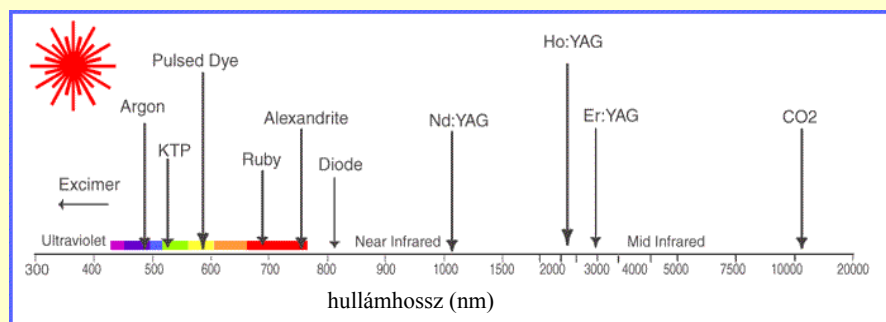
5 - 10 mW – DVD lejátszó

100 mW – CD-író

250 mW – DVD-író

1-20 W – micromegmunkálásban használt szilárdtest lézerek

30-100 W – tipikus sebészeti lézerek



## Leggyakoribb lézerek az orvosi gyakorlatban

Típus	$\lambda$ nm	folytonos	impulzus	alkalmazás
Széndioxid	10 600	20–100 W	10 <sup>9</sup> W	sebészet
Nd:Yag	1064	50 W	10 <sup>8</sup> W	sebészet
Argon	488 514	10 W	10 <sup>2</sup> W	szemészet pumpálás

## A lézerek alkalmazása

*A kiválasztás szempontjai:*

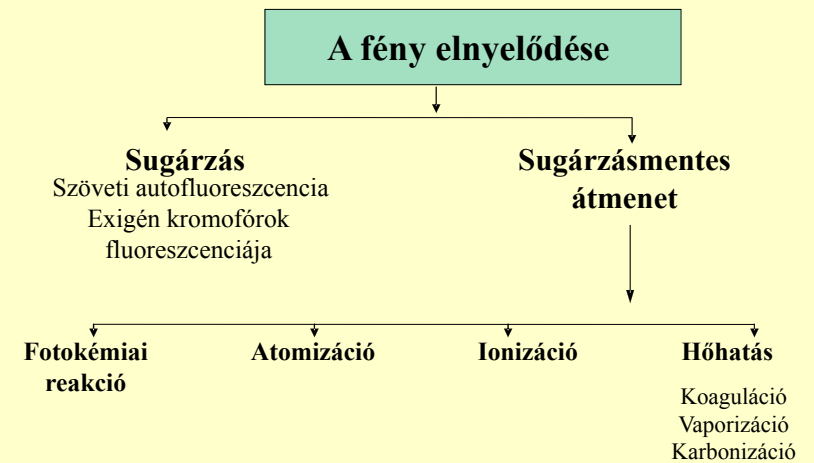
hullámhossz  
teljesítmény  
üzemmód

*Felhasználási területek*

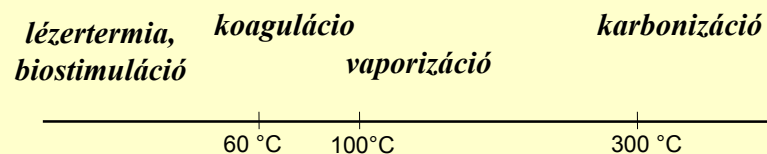
orvos gyakorlat – sebészet, szemsebészet, bőrgyógyászat,  
kozmetológia, fogászat, biostimuláció, reumatológia  
fotodinamikus terápia

technika, ipar  
jelátvitel, kommunikáció  
kutatás, szerkezetvizsgálat

## Fény által indukált folyamatok a szövetekben



## Termikus hatások

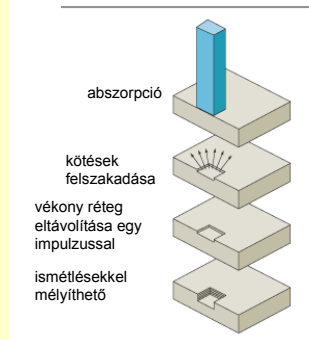


## Fotoabláció (eltávolítás) - atomizáció/vaporizáció

UV lézer impulzus ( $10 \text{ MW/cm}^2$  -  $10 \text{ GW/cm}^2$ )

Excimer lézerek (193 nm-351 nm), 10-20 ns impulzus

Refraktív kornea sebészet, szövet “contouring” (sculpting)



## Fotodisrupció

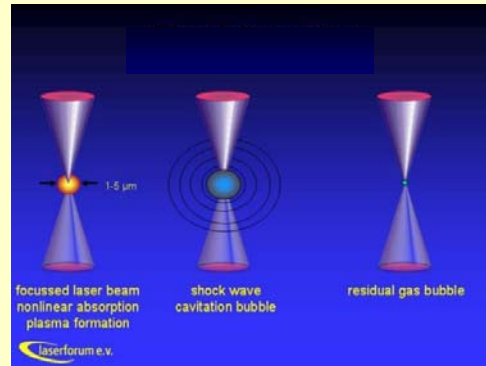
Lágy szövetekben v. testfolyadékokban nagy intenzitású,  
ns-os impulzusok hatására

Lökéshullám roncsolja a  
szöveteket

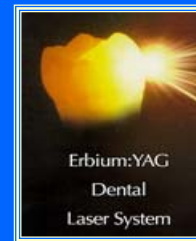
Kavitáció

Vízgőz és CO<sub>2</sub> tölti ki az  
üreget

A lökéshullám következtében  
ez szétáramlik a környező  
szövetekbe



Er:YAG lézer  
2940 nm



Maximális elnyelődés a vízben és  
a hidroxiapatitban

Vaporizáció és machanikai hullám

caries eltávolítása  
kemény szövetek módosítása  
lágyszövetek módosítása



caries eltávolítása



caries eltávolítása





Argon lézer  
488, 514 nm



fogfehérítés

Nd: YAP\* lézer

930, 1080,  
1340 nm



frenectomia



gingivectomia

\*YAlO<sub>3</sub>:Nd

Er:YAG lézer

2940 nm

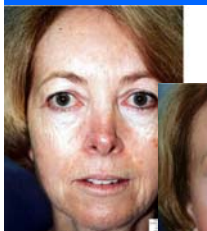
vagy

CO<sub>2</sub> lézer

10600 nm

„resurfacing” – ablációs technika

az epidermisz megújítására



Ráncok,  
sérülések,  
aknék stb.  
kezelésére



Nd:YAG lézer

1064 nm

Felszíni erek fotokoaguláción alapuló  
korrekciója





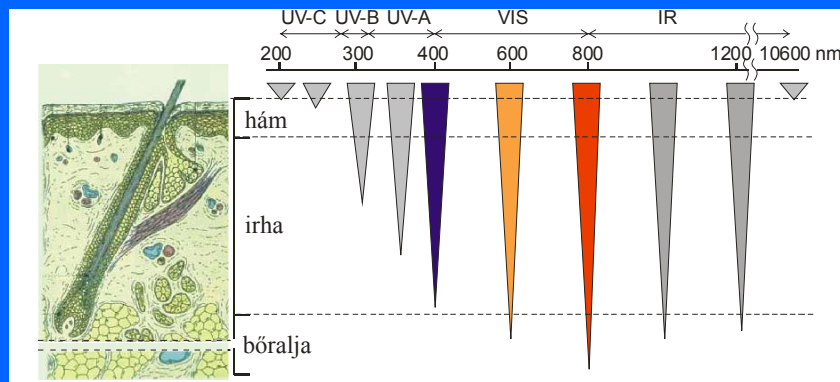
## Vénák fotokoaguláción alapuló korrekciója



## DOES YOUR CAT NEED LASER HAIR REMOVAL?



## A fény behatolási mélysége a bőrben



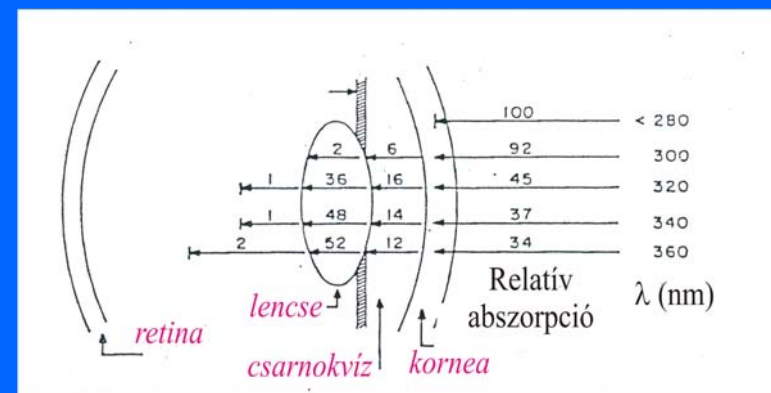
*A fény intenzitása csökken a bőr rétegeiben.*

*Oka: abszorpció, reflexió, refrakció*

*A behatolási mélység függ a hullámhossztól.*

*A legnagyobb a vörös tartományban.*

## A fény behatolási mélysége a szemben



*A behatolási mélység hullámhosszfüggő  
(abszorpció, reflexió)*

## Fotodimanikus terápia (PDT)

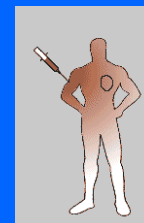
### *Fény és fényérzékenyítő anyag*

kombinált használata

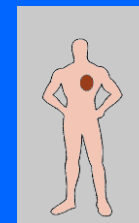
oxigéndús környezetben

T. Dougherty: Activated dyes as antitumor agents.  
J. Natl. Cancer. Inst. 1974

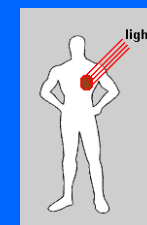
### A kezelés sémája



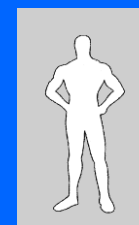
Fényérzékenyítő  
alkalmazása



A fényérzékenyítő  
felhalmozódása  
a daganatban

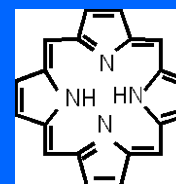
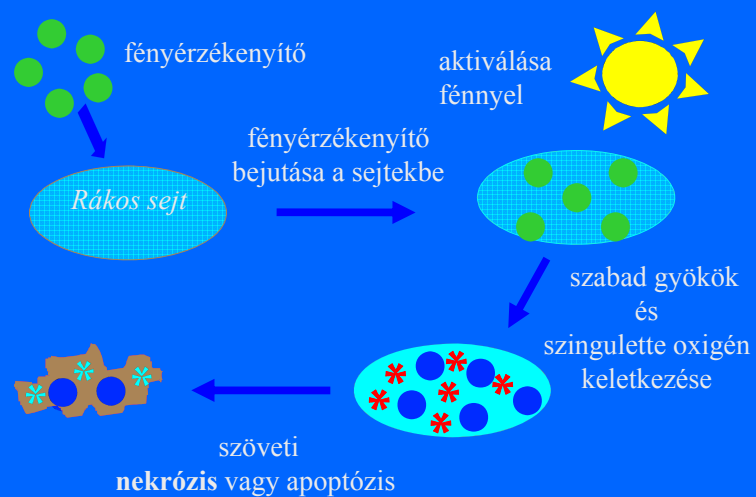


Besugárzás

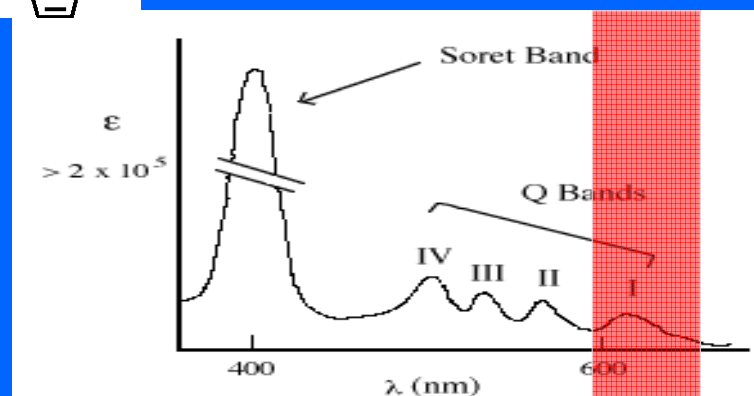


Szelektív  
tumordestrukció

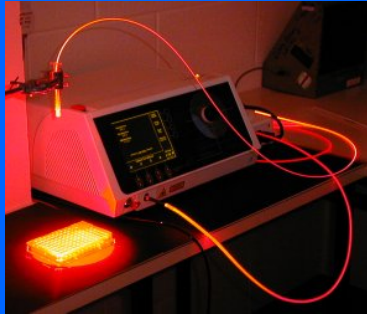
### A PDT hatásmechanizmusa (2)



### Porfirinek tipikus abszorpciós spektruma



## A fényforrás megválasztása



Követelmények:

monokromatikus – vörös

kellően nagy felületi teljesítmény



lézer

## A fotodinamikus hatás felhasználási lehetőségei

*-malignus daganatok kezelése pl.*

nem pigmentált bőrdaganatok (**MELANÓMA NEM**)

szájüregi daganatok

léguti daganatok

hólyag daganatok

*-a bőr felületén keletkező jóindulatú kinövések kezelése*

*-érelmeszesedéses plakkok csökkentése*

*-mikroorganizmusok inaktiválása*

baktériumok, vírusok inaktiválása

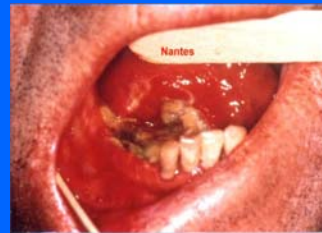
fogászat (fogágyi gyulladások)

bőrgyógyászat (acne-s gócok)

vérkészítmények sterilizálása

víz tisztítás stb.

## Laphámsejtes carcinoma (SCC) kezelése PDT-vel



m-THPC PDT 24 óra



m-THPC PDT 7 nap



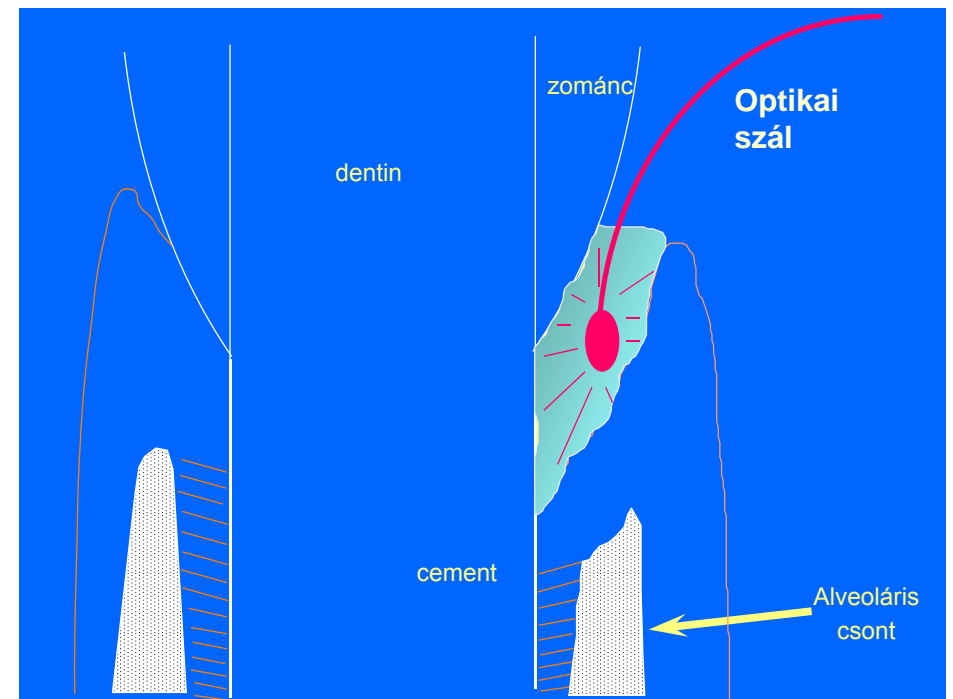
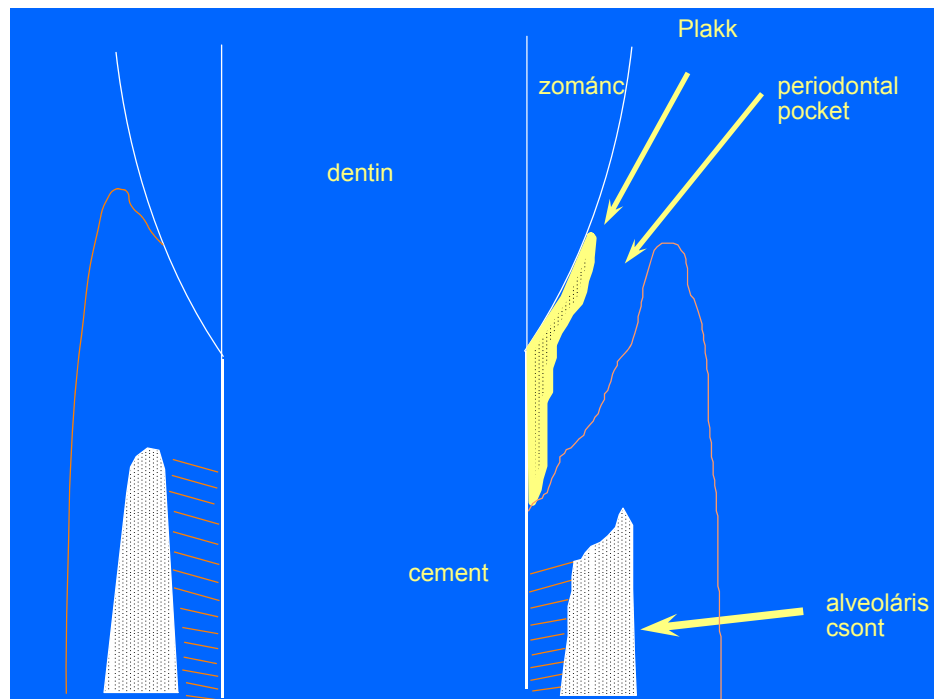
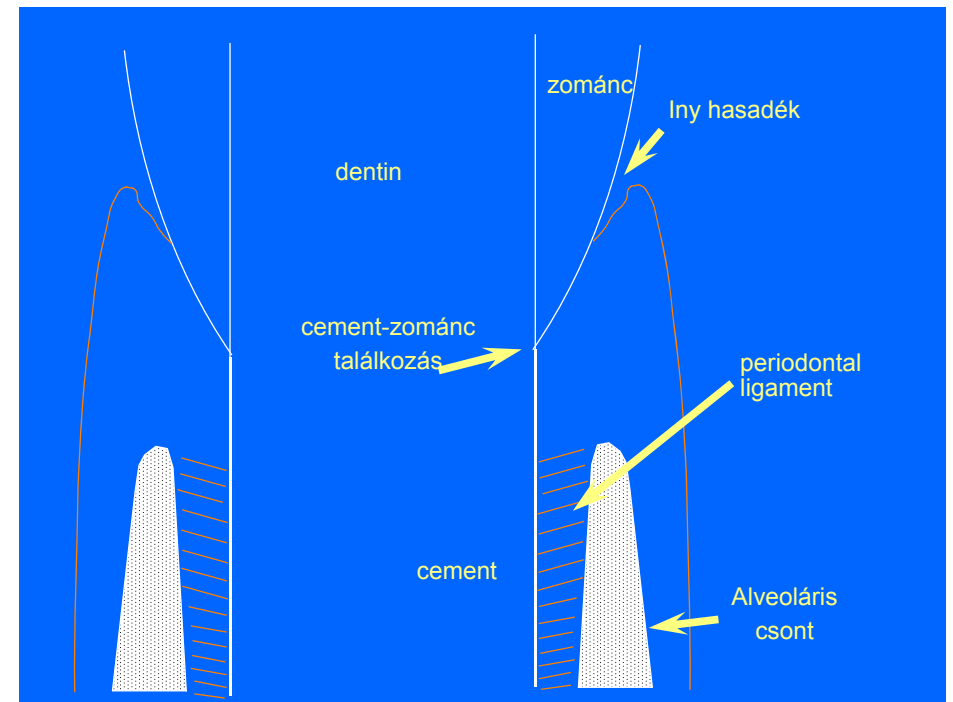
m-THPC PDT 4 hónap

## fogágygyulladás kezelése #1 fényérzékenyítő alkalmazása

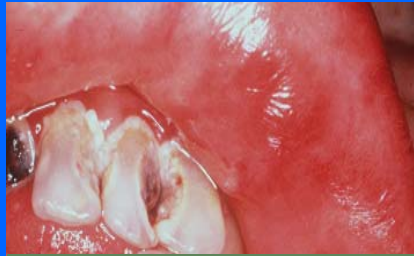


## fogágygyulladás kezelése #2

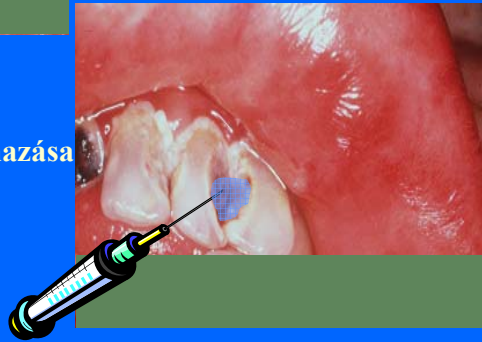
### íny alatti régió besugárzása



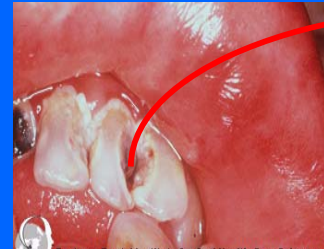
## szuvasodás kezelése #1



Fényérzékenyítő alkalmazása



## szuvasodás kezelése #2



Besugárzás optikai szálon keresztül



A sterilizált lézió helyreállítása

A hét kérdése

Miért alkalmasak ez excimer lézerek a kornea sebészetben és miért nem használható a Nd-YAG lézer ugyanerre?

Kapcsolódó fejezetek:

*Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika*

II. 2.2

2.2.5

2.2.7

2.2.8

IX. 1.1

IX. 1.2