

Laser / lézer

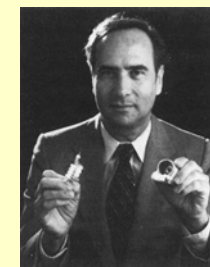
light **a**mplification by **s**timulated **e**mission of **r**adiation

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



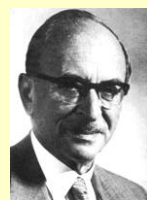
Nicolay Basov

Fizikai Nobel-díj 1964

Lézerek és mézerek fejlesztése területén végzett úttörő munkásságukért

Gabor Denes

Fizikai Nobel-díj 1971
A holográfia kidolgozásáért



Egy kis történelem

William D. Phillips



Steven Chu



Claude Cohen-Tannoudji



Fizikai Nobel-díj 1997
az atomok lézeres hűtésére és
befogására kifejlesztett
módszerért



Zhores Ivanovich Alferov

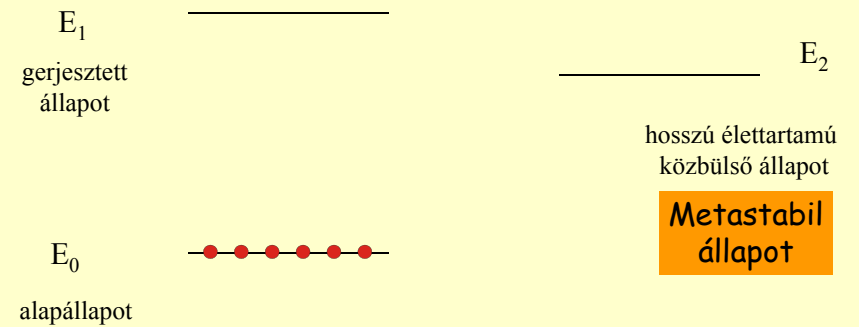


Herbert Kroemer

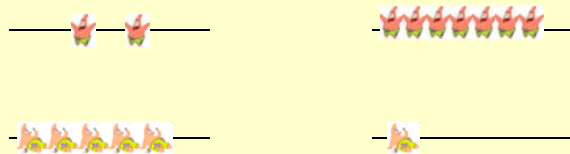
Fizikai Nobel-díj 2000
A félvezető lézerdiódákért

A lézerfény előállításának feltételei és lépései

Speciális elektron energia állapotok



Elektronállapotok betöltöttsége



Termikus egyensúly

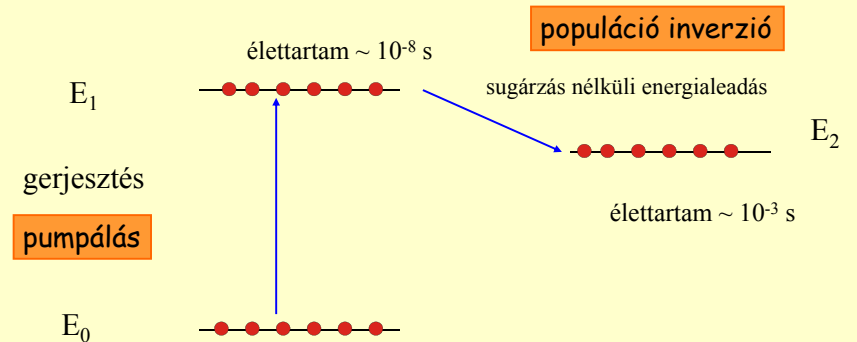
Boltzmann eloszlás szerint:

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

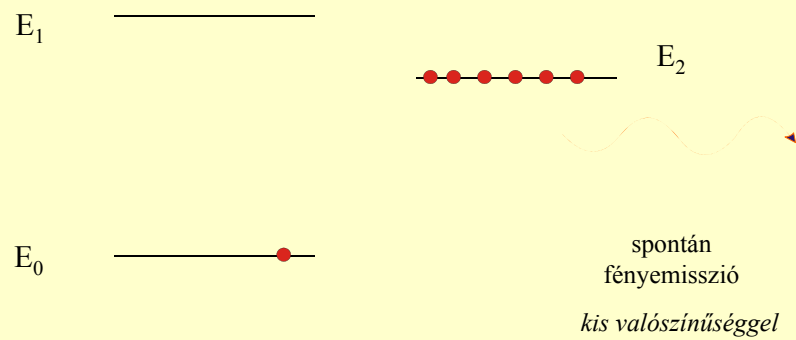
Populáció inverzió

“fordított” betöltöttség

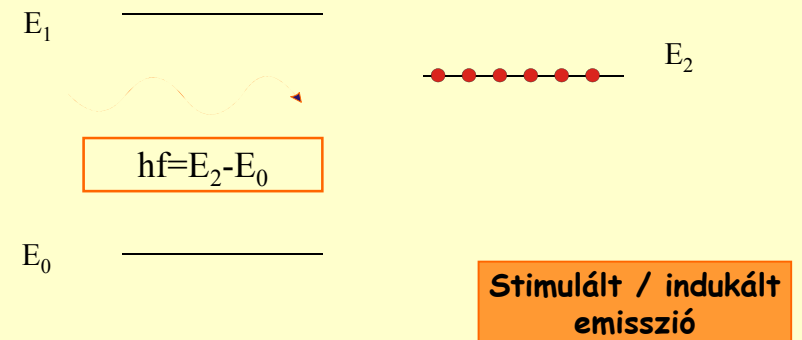
A lézerfény keletkezésének lépései



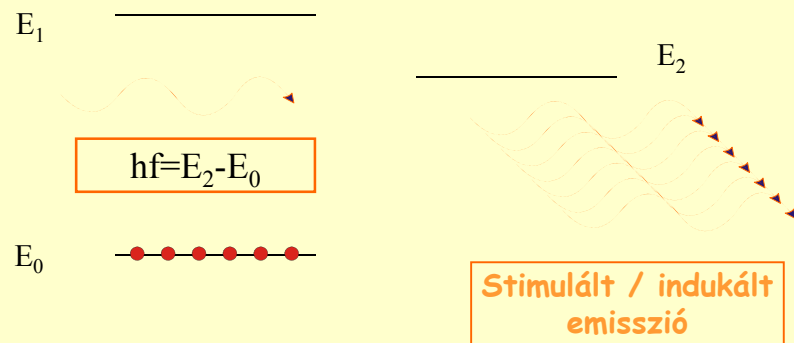
Spontán emisszió



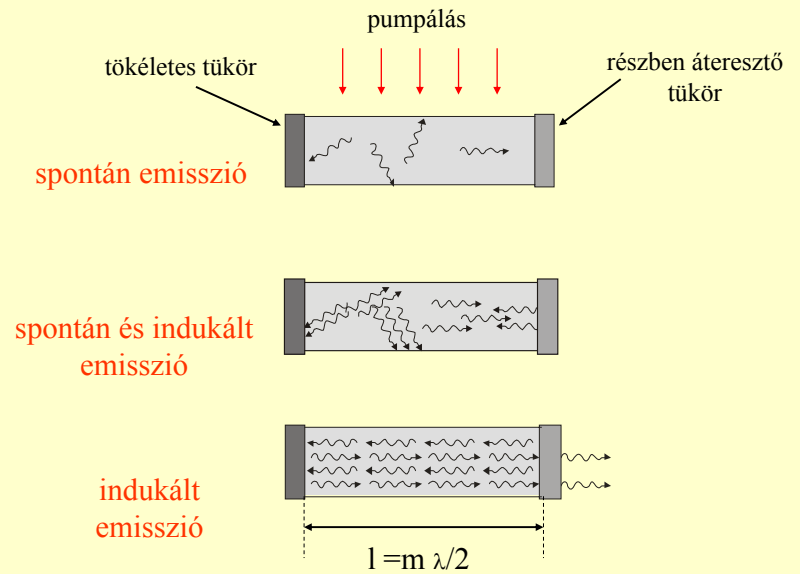
A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása



A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása



Lézereső – 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

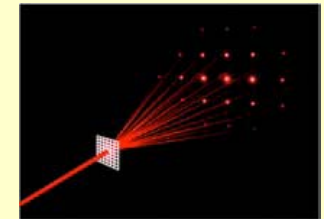
jól fókuszálható

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

folyamatos

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

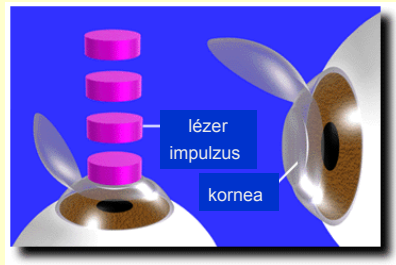
felvezető~: p és n-típusú félvezetők kombinációjából

* ittrium-alumínium-gránát

Excimer lézer – *excited dimer*

Alapállapotban monomerek, gerjesztett állapotban
stabilis komplexek vagy dimerek

Pl. nemesgázok vagy
nemesgáz és halogén keverékek



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

A lézerek típusai

Teljesítményük szerint:

5 mW – CD-ROM drive

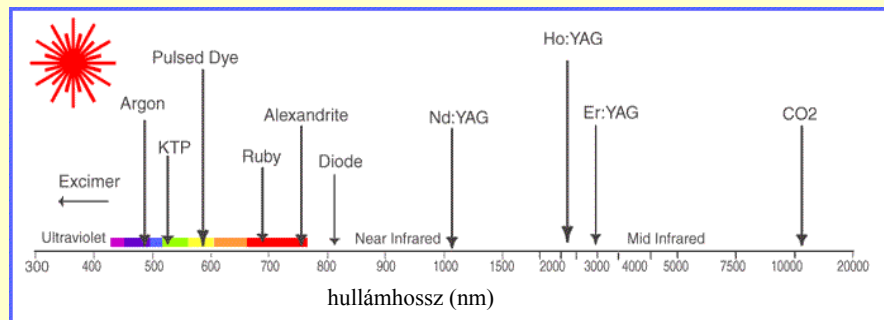
5 - 10 mW – DVD lejátszó

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	λ nm	folytonos	impulzus	alkalmazás
Széndioxid	10 600	20–100 W	10 ⁹ W	sebészet
Nd:Yag	1064	50 W	10 ⁸ W	sebészet
Argon	488 514	10 W	10 ² W	szemészet pumpálás

A lézerek alkalmazása

A kiválasztás szempontjai:

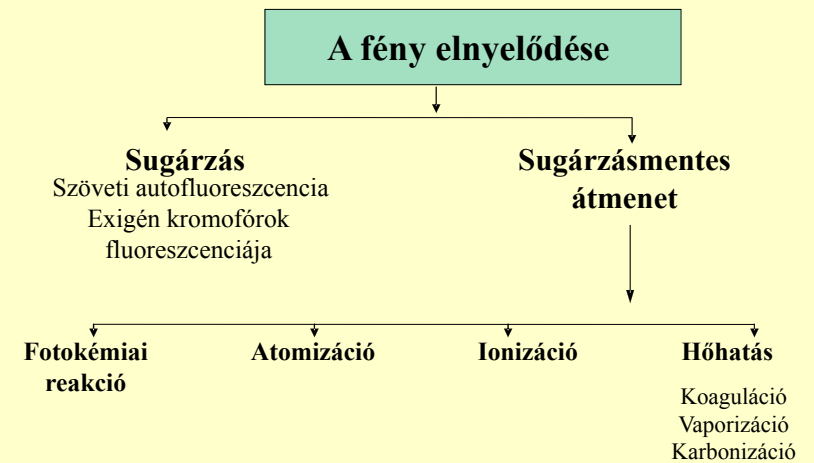
hullámhossz
teljesítmény
üzemmód

Felhasználási területek

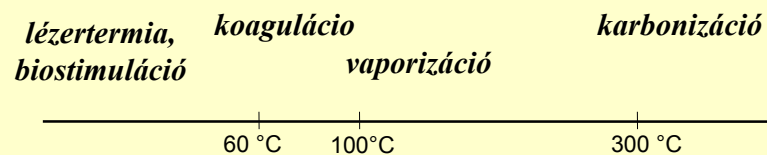
orvos gyakorlat – sebészet, szemsebészet, bőrgyógyászat,
kozmetológia, fogászat, biostimuláció, reumatológia
fotodinamikus terápia

technika, ipar
jelátvitel, kommunikáció
kutatás, szerkezetvizsgálat

Fény által indukált folyamatok a szövetekben



Termikus hatások

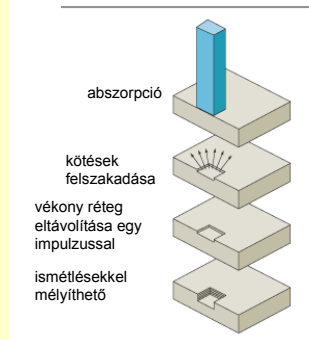


Fotoabláció (eltávolítás) - atomizáció/vaporizáció

UV lézer impulzus (10 MW/cm^2 - 10 GW/cm^2)

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

Refraktív kornea sebészet, szövet “contouring” (sculpting)



Fotodisrupció

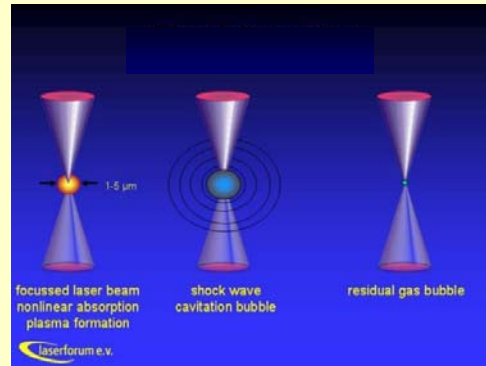
Lágy szövetekben v. testfolyadékokban nagy intenzitású,
ns-os impulzusok hatására

Lökéshullám roncsolja a
szöveteket

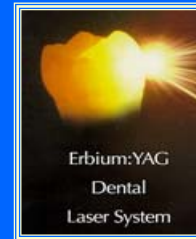
Kavitáció

Vízgőz és CO₂ tölti ki az
üreget

A lökéshullám következtében
ez szétáramlik a környező
szövetekbe



Er:YAG lézer
2940 nm



Maximális elnyelődés a vízben és
a hidroxipatitban

Vaporizáció és machanikai hullám

caries eltávolítása
kemény szövetek módosítása
lágy szövetek módosítása



caries eltávolítása



caries eltávolítása





Argon lézer
488, 514 nm



fogfehérítés



Nd: YAP* lézer

930, 1080,
1340 nm



frenectomy



gingivectomy



*YAlO₃:Nd

Er:YAG lézer

2940 nm

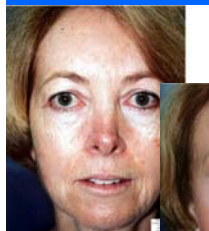
vagy

CO₂ lézer

10600 nm

„resurfacing” – ablációs technika

az epidermisz megújítására



Ráncok,
sérülések,
aknék stb.
kezelésére



Nd:YAG lézer

1064 nm

Felszíni erek fotokoaguláción alapuló
korrekciója



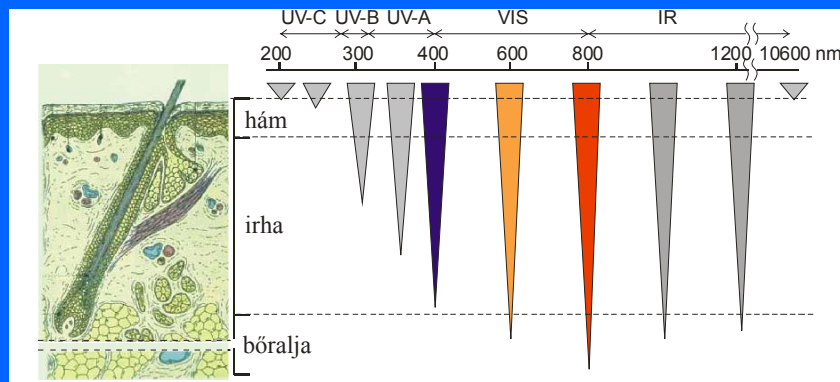
Vénák fotokoaguláción alapuló korrekciója



DOES YOUR CAT NEED LASER HAIR REMOVAL?



A fény behatolási mélysége a bőrben



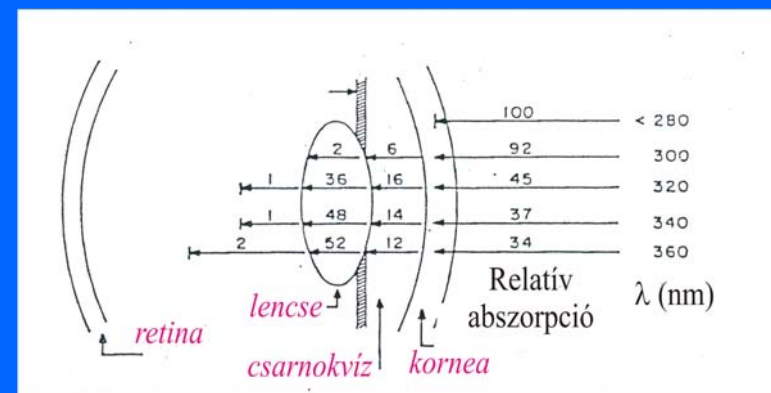
A fény intenzitása csökken a bőr rétegeiben.

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)

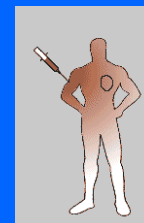
Fény és fényérzékenyítő anyag

kombinált használata

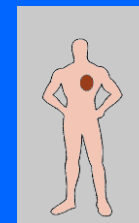
oxigéndús környezetben

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

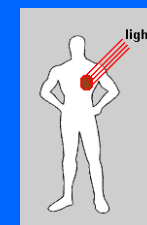
A kezelés sémája



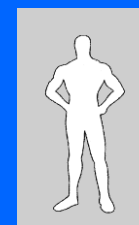
Fényérzékenyítő
alkalmazása



A fényérzékenyítő
felhalmozódása
a daganatban

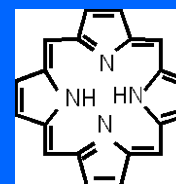
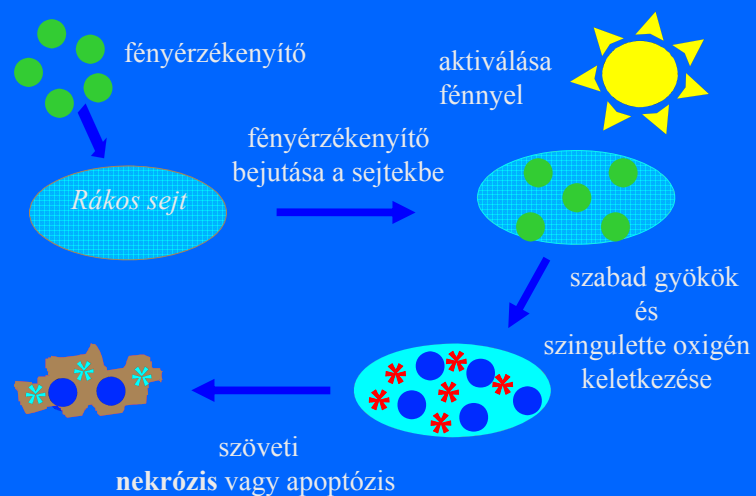


Besugárzás

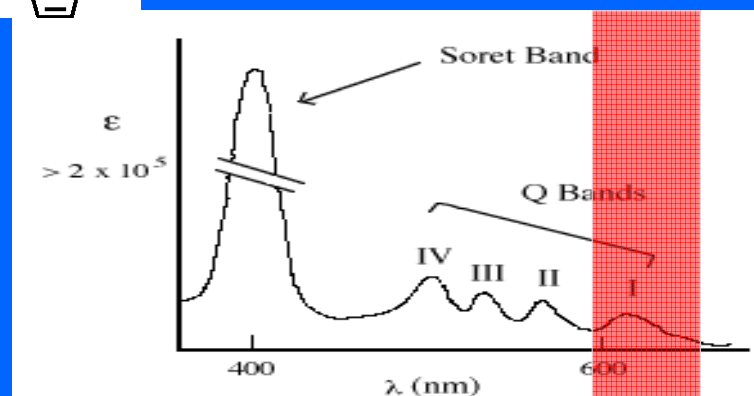


Szelektív
tumordestrukció

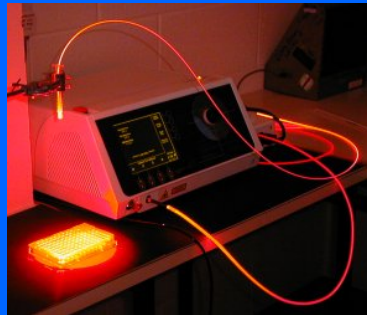
A PDT hatásmechanizmusa (2)



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

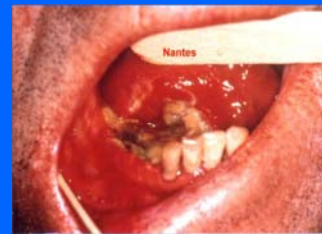
fogászat (fogágyi gyulladások)

bőrgyógyászat (acne-s gócok)

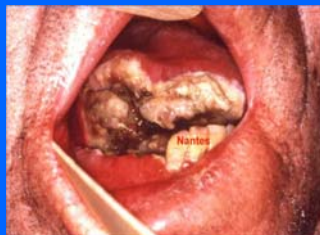
vérkészítmények sterilizálása

víz tisztítás stb.

Laphámsejtes carcinoma (SCC) kezelése PDT-vel



m-THPC PDT 24 óra



m-THPC PDT 7 nap



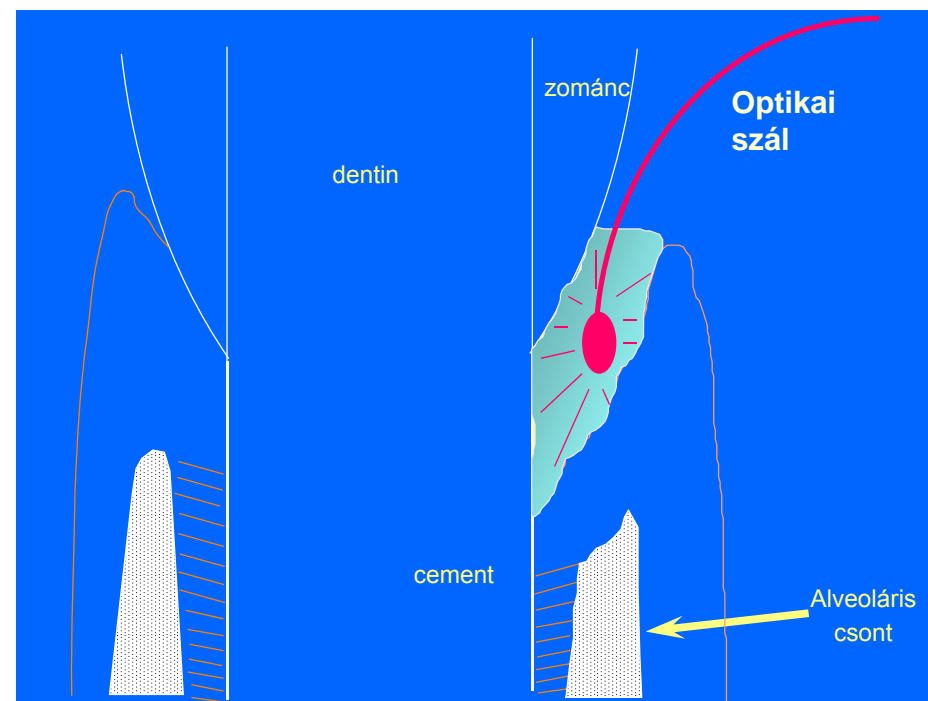
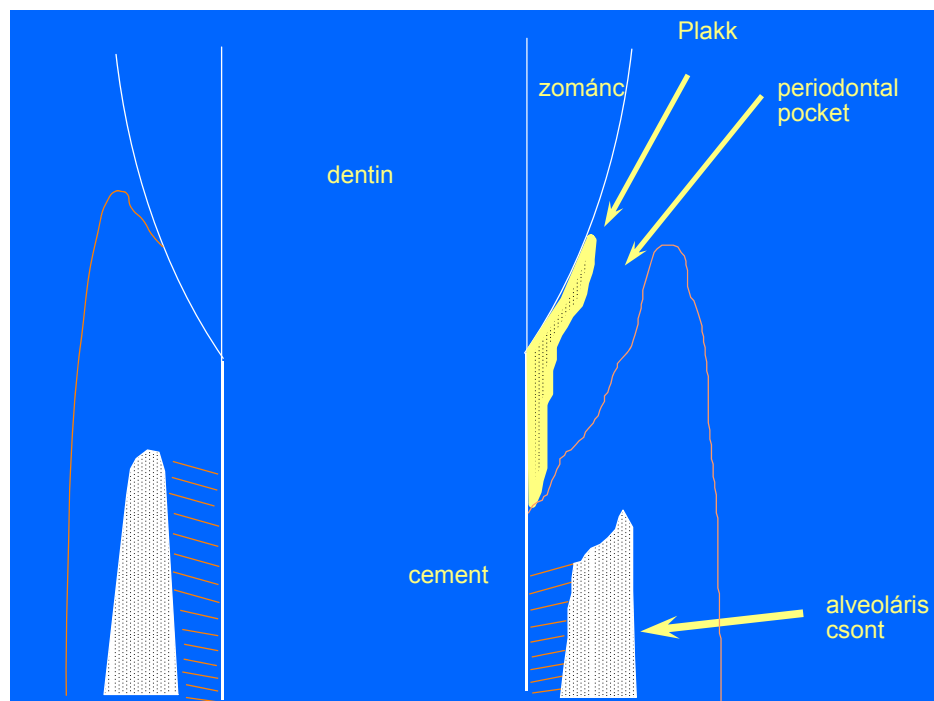
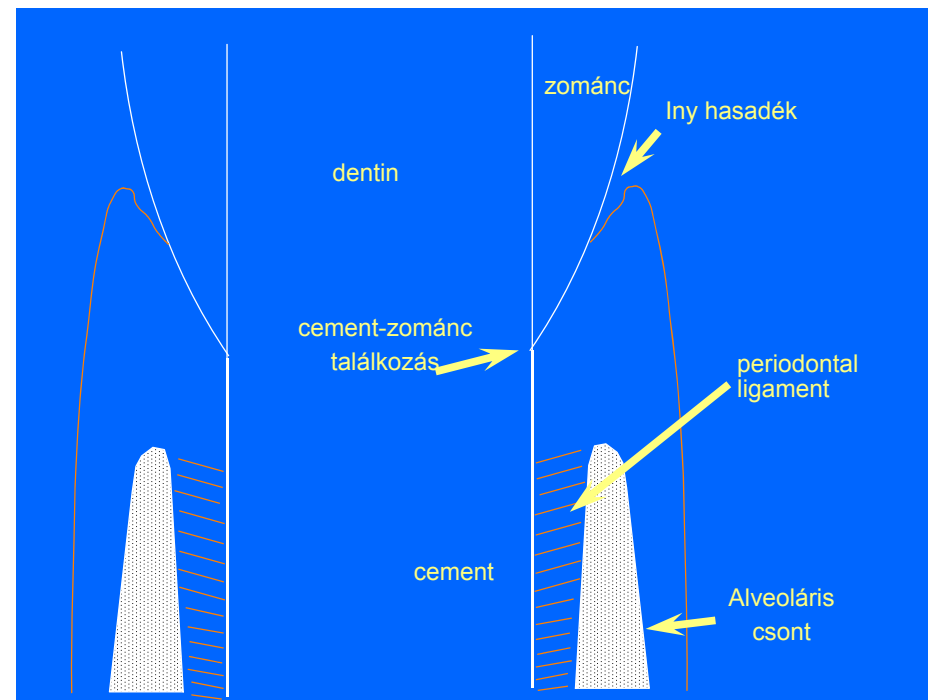
m-THPC PDT 4 hónap

fogágygyulladás kezelése #1 fényérzékenyítő alkalmazása



fogágygyulladás kezelése #2

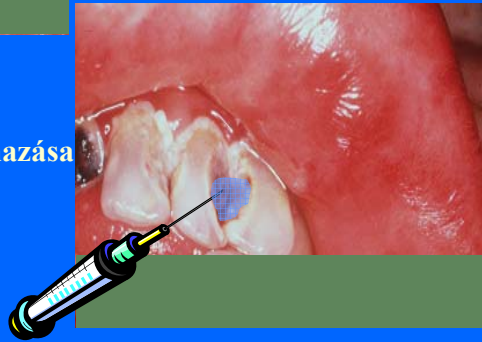
íny alatti régió besugárzása



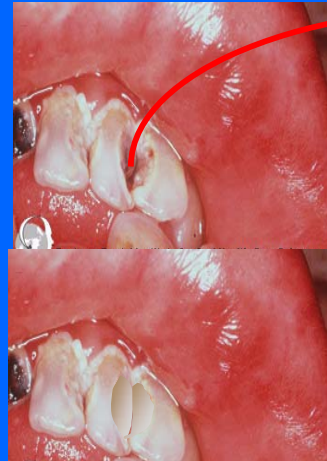
szuvasodás kezelése #1



Fényérzékenyítő alkalmazása



szuvasodás kezelése #2



Besugárzás optikai szálon keresztül

A sterilizált lézió helyreállítása

A hét kérdése

Miért alkalmasak az 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

<https://www.youtube.com/watch?v=4SCzwOdg4mc>