

LA LUCE LASER SUI TESSUTI UMANI

dispensa a cura del dr. Claudio Pasquale realizzata in collaborazione
con la dr.ssa Boldi Marialice e il dr. Condomitti Francesco

LA LUCE LASER SUI TESSUTI UMANI

L'acronimo **LASER** sta per **A**mplificazione della **L**uce attraverso l'**E**missione **S**timolata di **R**adiazioni ed è stato coniato proprio per mettere in evidenza le caratteristiche peculiari dello strumento.

La storia del LASER prende avvio nel **1917** quando **ALBERT EINSTEIN** propone i suoi studi sul **fenomeno dell'emissione stimolata delle radiazioni**.

Tuttavia il primo amplificatore basato sul principio dell'emissione stimolata della radiazione luminosa fu realizzato da Charles Hard Townes, che nel 1964 ricevette il Premio Nobel per la fisica, assieme a Nikolaj Gennadievič Basov e Aleksandr Michailovic Prochorov, per «il fondamentale lavoro nel campo dell'elettronica quantistica: **era stato inventato il laser!**

Pochi anni più tardi, nel **1960 THEODORE MAIMANN** creò il primo laser operativo (laser al rubino a luce pulsata) e nel **1967 si ebbe la commercializzazione del primo laser per applicazioni medicali**: (laser a CO₂).

Per capire appieno la funzionalità del LASER, occorre fare una breve premessa sulla Luce e tener conto della sua doppia natura.

Secondo la Fisica classica > **Natura ondulatoria** > **ONDA ELETTROMAGNETICA**

Secondo la Fisica quantistica > **Natura corpuscolare** > Energia trasportata in **QUANTI**

Le 3 grandezze base della luce sono:

- luminosità (ampiezza)
- colore (frequenza)
- polarizzazione (angolo di vibrazione)

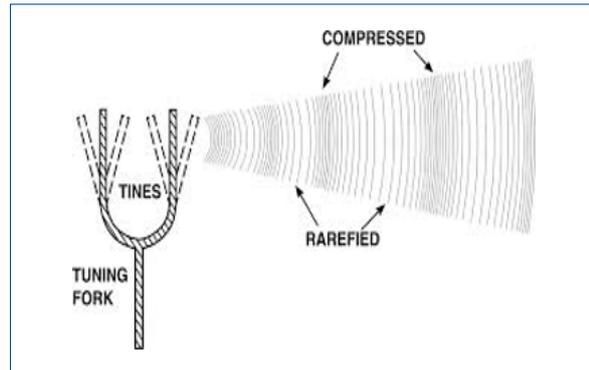
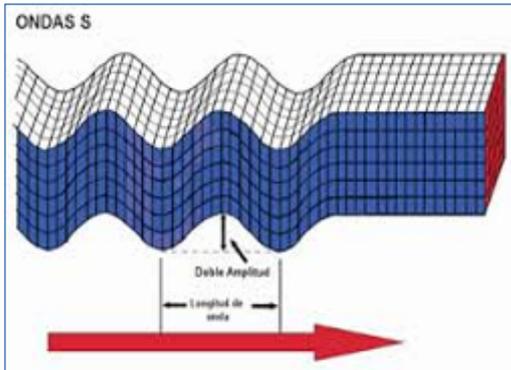
La Dualità della Luce rispetta tuttavia il PRINCIPIO DI COMPLEMENTARITÀ DI BOHR (Como 1927) secondo cui: *“Gli aspetti corpuscolari e ondulatori sono complementari ma esclusivi. In alcuni fenomeni la luce si comporta come onda e in altri come corpuscolo, ma questi due aspetti non si presentano mai insieme.”*



**contraria sunt
complementa**

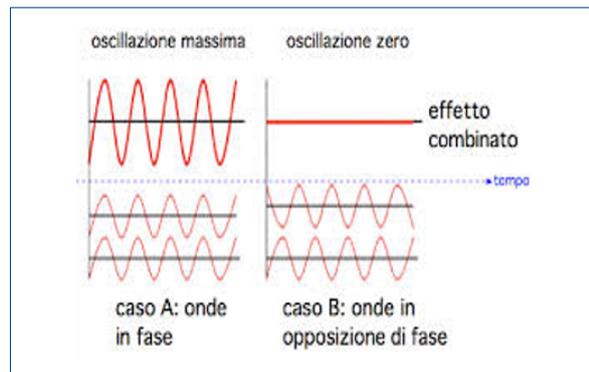
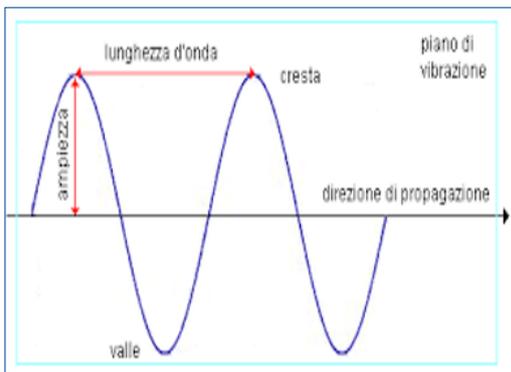
LA LUCE COME ONDA

In fisica con il termine onda si indica una perturbazione che nasce da una sorgente e si propaga nel tempo e nello spazio, trasportando energia o quantità di moto senza comportare uno spostamento della materia.



CARATTERISTICHE DI UN'ONDA

- **Lunghezza d'onda:** λ distanza tra due massimi o due minimi; si misura in metri
- **Periodo:** T tempo necessario a compiere un'oscillazione completa; si misura in secondi
- **Frequenza:** $\sqrt{}$ o f numero di oscillazioni nel tempo; se il tempo è 1 sec, viene misurata in Hz
- **Velocità:** v è la velocità con cui si propaga l'energia trasportata dall'onda; si misura in m/s
- **Ampiezza:** la massima altezza dell'onda



Lunghezza d'onda λ si misura in metri

La frequenza $f/\sqrt{}$ si misura in Hertz

Periodo T è il tempo necessario per compiere un'intera oscillazione. È calcolato come l'inverso della frequenza ossia: **$T=1/f$**

Lunghezza e frequenza sono legate da proporzionalità inversa: più è corta la lunghezza d'onda più è elevata la frequenza, tanto più elevata l'energia trasportata e viceversa.

Esiste poi la relazione $v = c/\lambda$

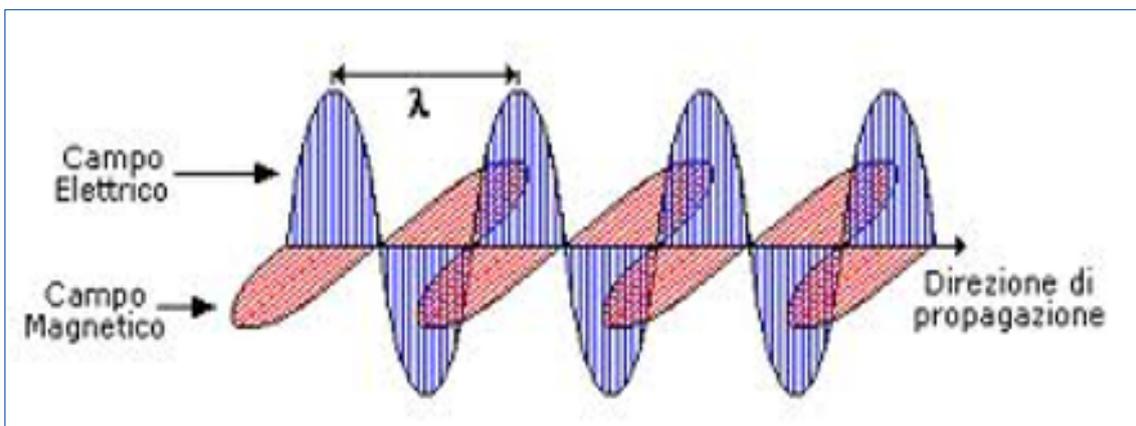
dove C è la velocità della luce nel vuoto: 3×10^8 m/s (299.792 Km/s)

L'energia dipende poi dalla costante di Planck $h = 6,63 \times 10^{-34}$ Js

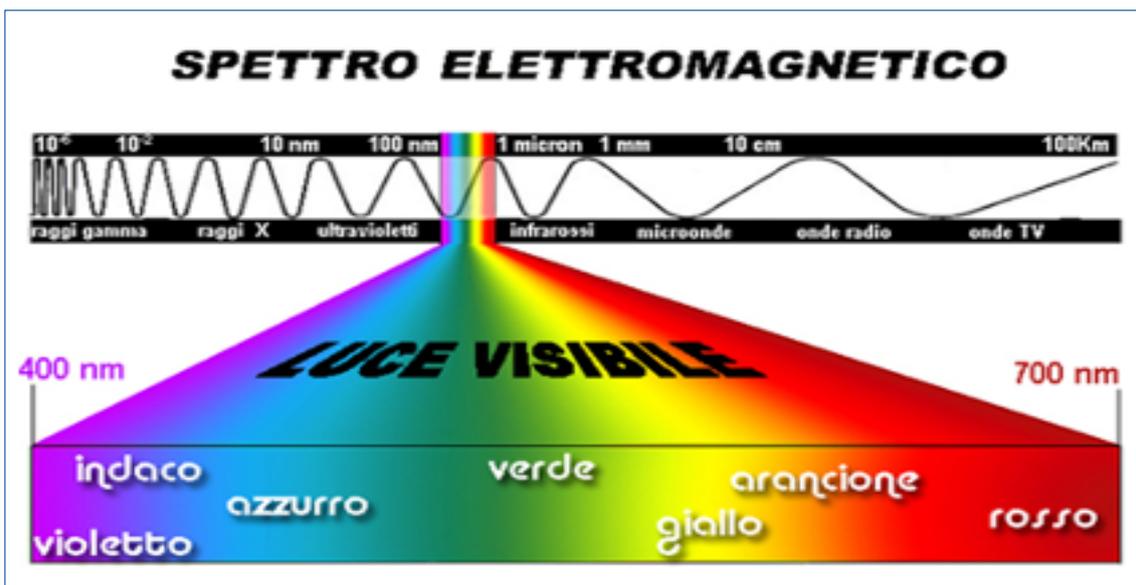
Di conseguenza $E = hc/\lambda$

Una carica elettrica in movimento genera un campo magnetico e la propagazione contemporanea di perturbazioni periodiche di un campo elettrico e di un campo magnetico danno origine al fenomeno ondulatorio dell'elettromagnetismo.

Le onde elettromagnetiche sono trasversali e si propagano vibrando perpendicolarmente tra di loro e alla direzione di propagazione dell'onda.



L'insieme delle radiazioni elettromagnetiche è rappresentato dallo spettro elettromagnetico



Va dalle onde radio (10 Hz) ai raggi (10^2 Hz)

La luce visibile è una piccola porzione compresa tra il violetto (400 nm) e il rosso (700 nm)

Le differenti lunghezze d'onda vengono interpretate dal cervello come colori.

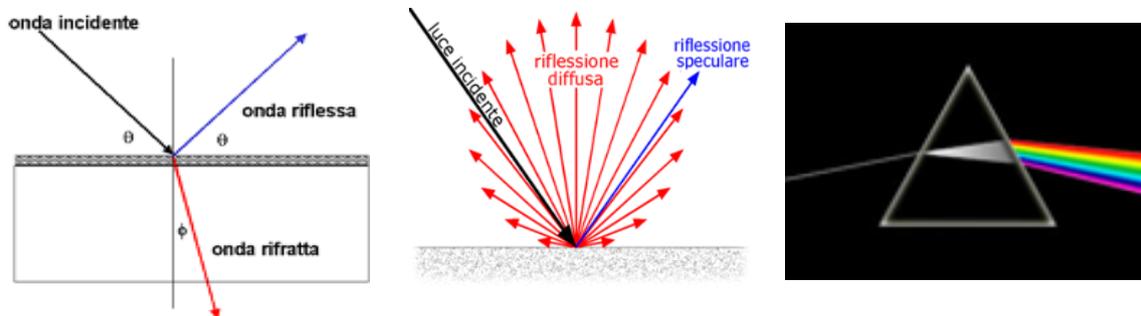
Colore	Lunghezza d'onda	Frequenza
rosso	~ 700-630 nm	~ 430-480 THz
arancione	~ 630-590 nm	~ 480-510 THz
giallo	~ 590-560 nm	~ 510-540 THz
verde	~ 560-490 nm	~ 540-610 THz
blu	~ 490-450 nm	~ 610-670 THz
viola	~ 450-400 nm	~ 670-750 THz

Le frequenze immediatamente al di fuori dello spettro visibile sono chiamate:

- ultravioletto (UV alte frequenze)
- infrarosso (IR basse frequenze)

L'IR viene percepito come calore.

Le onde sono soggette a fenomeni di: riflessione – rifrazione – diffusione



L'angolo ϕ è direttamente proporzionale alla lunghezza d'onda in antitesi con la teoria elettromagnetica classica, Plank ipotizzò che gli scambi di energia nei fenomeni di assorbimento ed emissione avvenissero in forma discontinua.

A lui si deve la **teoria dei quanti secondo la quale l'assorbimento e l'emissione di energia avvengono per pacchetti discreti, finiti, indivisibili: i quanti appunto.**

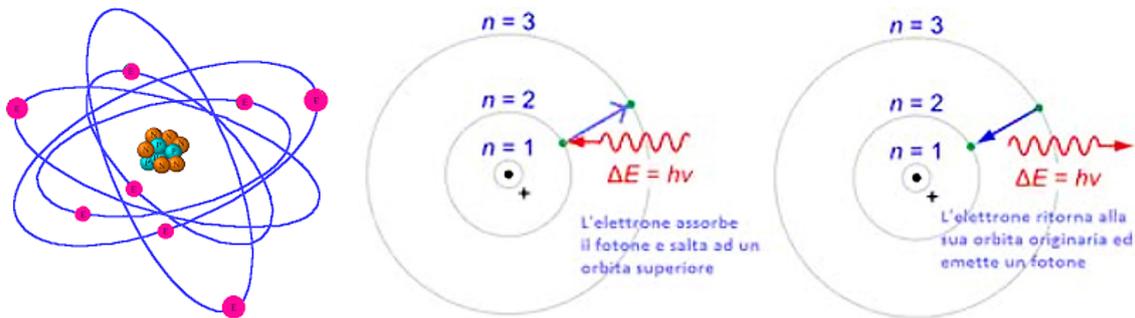
A Rutherford, Schrödinger, Bohr ed Eisenberg dobbiamo la definizione di un modello atomico coerente con la teoria quantistica, mentre fu Einstein, nel 1916, a porre le basi per l'"emissione stimolata", ossia per il possibile intervento esterno su fenomeni come l'emissione spontanea per ottenere l'amplificazione della luce. Utilizzò il termine "quanti di luce" per identificare i pacchetti di energia connessi alla luce, più tardi definiti **fotoni** (Lewis, 1926).

MODELLO ATOMICO DI BOHR

Gli elettroni si muovono su diversi livelli energetici (**orbitali**), ma se l'atomo riceve energia dall'esterno, gli elettroni passano da uno stato di stabilità ad un livello superiore (**stato eccitato**).

In seguito all'**emissione spontanea di energia**, tornano al loro stato di stabilità.

Se una fonte di energia esterna colpisce un elettrone nel suo stato eccitato, si ha il rilascio di due fotoni: uno da parte dell'elettrone e uno dalla fonte esterna (**emissione stimolata**).



Gli elettroni possiedono **diversi livelli energetici** e possono cambiare orbitale passando da un livello a un altro. Il passaggio da un orbitale ad un altro richiede energia. Quando un elettrone eccitato presenta un eccesso di energia, spontaneamente la libera sotto forma di **fotone o quanto di energia**, così da tornare a un livello di maggiore stabilità detto "**stato fondamentale**".

L'energia del fotone emesso è pari alla differenza di energia tra i due livelli considerati e caratteristica per l'elemento atomico coinvolto. La spontaneità della emissione fa sì che non vi sia un criterio temporale preciso e quindi la radiazione emessa da un sistema investito da energia sarà incoerente, i fotoni emessi non saranno in fase tra di loro (coerenza spaziale e temporale significa, semplificando, che tutti i fotoni sono "nello stesso punto nello stesso momento").

Se si interviene dall'esterno fornendo fotoni aventi un'energia pari alla differenza di energia tra i livelli considerati prima che avvenga l'emissione spontanea, l'atomo verrà "**stimolato**" a decadere.

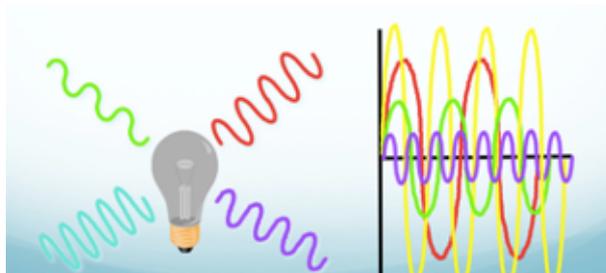
I fotoni emessi saranno due, di pari energia, coerenti tra di loro, ed aventi la stessa direzione di movimento: quello incidente e quello derivante dalla stimolazione.

Il dettaglio fondamentale dell'emissione stimolata è che il fotone indotto ha la medesima **frequenza** e **costante di fase** dell'inducente.

In questa situazione si rilasciano due fotoni che:

- hanno stessa lunghezza d'onda (monocromaticità)
- sono coerenti (in fase tra di loro)
- sono collimati (stessa direzione)

La luce emessa da una normale sorgente luminosa si caratterizza per una emissione disordinata di raggi di differente colore, fase e direzione.



IL FASCIO LASER È FORMATO DA RAGGI CON:

- la stessa lunghezza d'onda e lo stesso colore (monocromaticità)
- la stessa fase (coerenza)
- la stessa direzione (collimazione)

MONOCROMATICITÀ è la caratteristica per cui i fotoni emessi hanno stessa energia e lunghezza d'onda. Determina la **SELETTIVITÀ** del fascio laser, cioè la capacità di ogni lunghezza d'onda di interagire in misura determinante solo su alcuni **cromofori**.

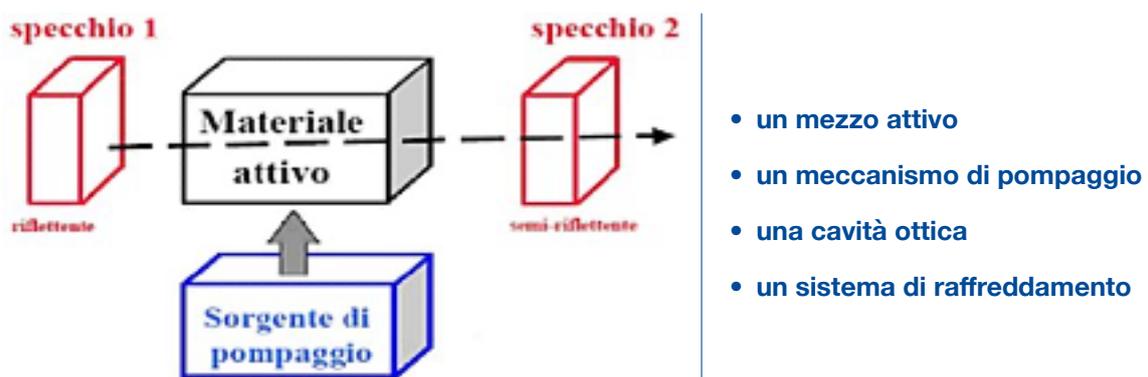
COME SI CREA LA LUCE LASER

Occorre un **materiale attivo** i cui atomi verranno pompati con energia ΔE ed eccitati così ad energia ΔE . L'energia viene somministrata da un sistema di pompaggio sino ad avere un'**inversione di popolazione**.

Se si continua a somministrare energia ΔE si ha **emissione stimolata di fotoni**, che vengono intrappolati in una **cavità risonante**.

Degli **specchi riflettenti** fanno rimbalzare i fotoni in direzione rettilinea in modo da continuare ad interagire col mezzo attivo.

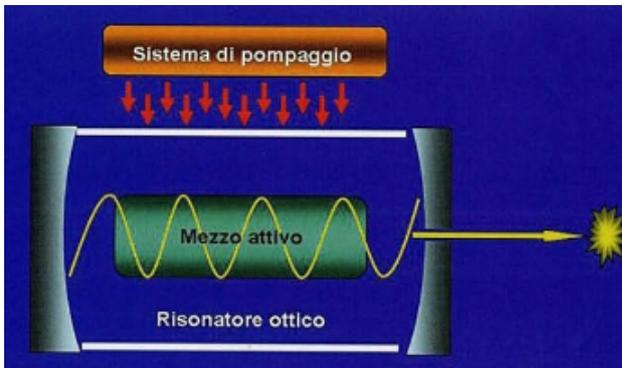
Dopo aver raggiunto una certa intensità, se uno degli specchi ha dei fori d'uscita (specchio semi trasparente, parzialmente riflettente) i fotoni riusciranno ad uscire in un fascio monocromatico, coerente e collimato.



Il mezzo attivo: può essere solido, liquido o gassoso. Se solido è costituito da un cristallo cilindrico di Nd:YAG, Er:YAG, Er... Il mezzo attivo determina la lunghezza d'onda specifica della luce a cui opera il Laser (1064nm Nd:YAG; 2940 nm Er:YAG)

Risonatore ottico: è formato da 2 specchi piani e paralleli, uno riflettente e uno semiriflettente così che i fotoni emessi, rimbalzando sugli specchi, passano più volte attraverso al mezzo attivo contribuendo alla stimolazione di più emissioni prima di uscire dallo specchio semiriflettente.

Poiché i fotoni che escono vengono emessi tutti nella stessa direzione, si ha un fascio di luce monocromatica, coerente, collimata, brillante e di elevata intensità.



LASER A GAS:

Elio-neon; Elio-cadmio CO₂

LASER A STATO LIQUIDO:

Coloranti (rodamina-fluorescina)

LASER A STATO SOLIDO:

Rubino; Neodimio-Yag; Erblio- Yag; Olmio-Yag; Diodo semiconduttore; Eccimeri

In un mezzo attivo, i fotoni emessi da un atomo possono eccitare un atomo vicino; in questo modo si ottiene un numero doppio di fotoni, poi il quadruplo e così via, amplificando sempre più il numero di fotoni emessi ecco spiegato il perché del termine **"amplificazione"**.

Le fonti di energia che possono realizzare l'eccitazione, sono le scariche elettriche che prendono il nome di **pompaggio ottico**.

Quando il numero degli atomi eccitati supera quello degli atomi allo stato fondamentale, si ha una **inversione di popolazione**.

Una volta prodotto il raggio laser può essere condotto all'esterno in vari modi mediante un sistema di specchi di riflessione, fibre cave costituite da strutture riflettenti, fibre ottiche.

La luce laser è **MODULABILE**, infatti, una volta scelta la lunghezza d'onda, che è fondamentale e specifica per gli effetti biologici che si vogliono ottenere, essa può essere gestita, da parte del dispositivo laser utilizzato, secondo i criteri di spazio e tempo della emissione.

Numerosi sono i parametri modulabili e di cui tener conto.

L'**energia** si definisce comunemente come la capacità di compiere un lavoro. Un Joule corrisponde al lavoro richiesto per esercitare una forza di un newton per una distanza di un metro, dove per forza si intende genericamente l'effetto sullo stato di quiete o di moto dovuto alla interazione di due o più corpi.

Dal momento che **E = P x t**, dove la **Potenza** è l'energia emessa nell'unità di tempo.

E = Energia misurata in Joule, milliJoule (J, mJ) **1J = 1W x sec** **1 W = 1J/sec**

P = Potenza misurata in Watt , milliWatt (W,mW) **P = E/t**

Tenendo conto della superficie e che

I = Intensità (Power density) (Watt su cm²) **I = W/cm²** **I = P/S**

Nei laser impulsati, dove l'energia viene emessa per impulsi di durata variabile dai millisecondi (millesimi di secondo) a picosecondi (Millesimesimi di secondo) e femtosecondi (millesimesimi di Miliardesimi di secondo), ed in numero pari alla frequenza impostata (misurata in Hertz, ossia impulsi per secondo), l'energia totale emessa nell'unità di tempo, e quindi la potenza media, sarà pari all'energia di ogni singolo impulso moltiplicata per la frequenza.

(Esempio: un laser impostato per emettere impulsi della potenza di 150 mJ ad una frequenza di 20 Hertz avrà una potenza media di 3 watt).

L'**intensità o Power density** identifica il rapporto tra la energia emessa nell'unità di tempo, e quindi la potenza, e la superficie sulla quale questa verrà depositata. Pertanto si misura in **W/cm²**.

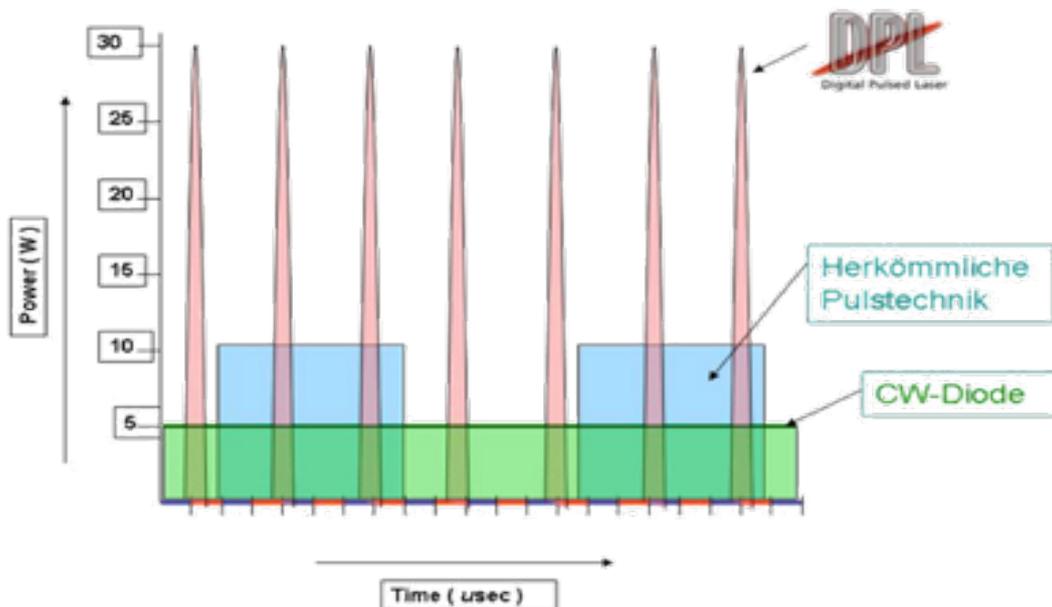
Più la superficie è piccola, come può essere lo spot determinato da una fibra ottica, e più avremo concentrazione di energia, e quindi Intensità.

Esempio: un laser impostato a 3 watt che lavora con fibra ottica o spot del diametro di 300 micron, porterà ad avere sul bersaglio una power density di circa mille watt per centimetro quadrato.

Tanto più è corto l'impulso, a parità di energia, tanto più sarà elevata la sua potenza: è la cosiddetta **“potenza di picco”**, in grado di raggiungere valori di assoluto rilievo.

Esempio: un impulso di 150 mj emesso in un secondo avrà una potenza di picco pari a 0,15 watt, mentre lo stesso impulso confinato in 100 microsecondi (durata raggiungibile dai normali laser usati in odontoiatria) raggiunge una potenza di picco di ben 1500 watt!

$$P_p = E_{imp} / t_{imp} \rightarrow I_{imp} = P_p / S$$



Wp = Potenza di picco = $\Delta E / \Delta t$ (Energia del singolo impulso/tempo di un singolo impulso)

$100mj / 100us = 0,1 / 0,0001 = 1000watt$

Parametro importante per laser impulsati: energia per impulso ($E = N \text{ pulse} \cdot h\nu$) la potenza di picco

$P_{peak} = E/t$ può diventare gigante se t è molto piccolo!

<p>Emission Cycle (Duty Cycle) $T_{on} / T_{on} + T_{off}$ % del periodo</p>	<p>FI = E/S FI = J/cm²</p>	<p>Pp = Potenza di picco (Peak Power) (Watt: W) FI = Fluenza (Fluence, Energy density) (Joule su cm²) Emission Cycle: percentuale Frequenza: Hertz (Hz)</p>
--	--	---

La quantità di energia per unità di superficie è invece la **Fluenza**, parametro fondamentale in biostimolazione e misurabile in **J/cm²**. Si definisce anche come **densità di energia**.

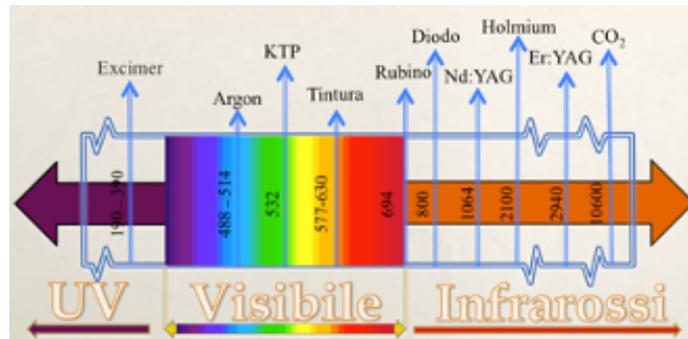
LUNGHEZZE D'ONDA

Diodo 450- 635- 810-980 nm

Nd-Yag 1024 nm

Erbio 2940 nm

CO₂ 10600 nm



MODALITÀ OPERATIVE

L'emissione del fascio laser può avvenire con modalità diverse, dipendenti dalle caratteristiche del mezzo attivo interessato o del sistema di pompaggio. Vi può essere emissione **continua**, ossia senza interruzione e con caratteristiche costanti.

Alcuni laser non possono lavorare in continuo, per l'impossibilità di mantenere a lungo le condizioni necessarie per l'emissione e lavoreranno quindi per **impulsi**.

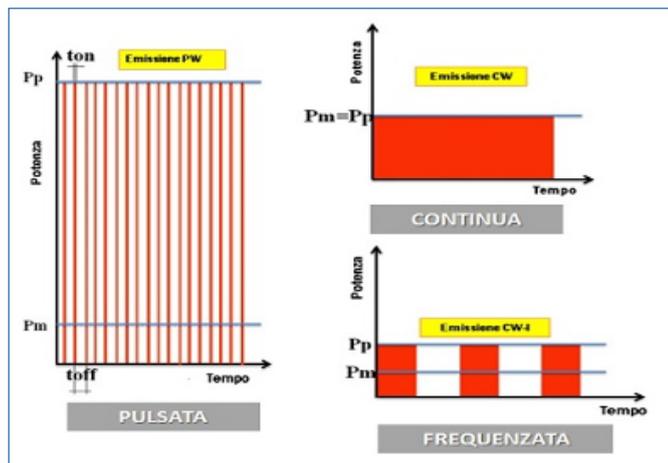
Se si interviene sulla emissione continua

con meccanismo in grado di bloccare il fascio laser generato, si parlerà di emissione **frequenziata** (gated emission). In questi casi andrà considerato un altro parametro, il "**duty cycle**", che rappresenta, dato un determinato periodo, il rapporto tra il Ton (tempo di emissione) e la somma di Ton e Toff (tempo di emissione bloccata).

Un duty cycle del 30% significherà che in un dato tempo l'emissione avverrà per il 30% dello stesso tempo. La potenza media sarà pari al 30% della potenza impostata in origine.

Tale emissione ha **due vantaggi clinici** importanti:

- consente (durante il time off) il rilassamento termico (tipico del tessuto 50 ms) e quindi un non accumulo di calore da parte dei tessuti (minore insulto chirurgico).
- Utile per lavorare senza l'impiego di anestesia.



INTERAZIONE DELLA LUCE CON I TESSUTI

Riflessione

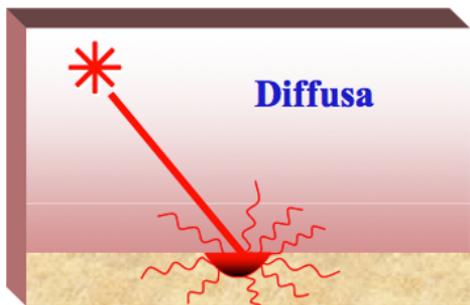


Una frazione della luce laser è sempre riflessa dal tessuto che colpisce.

L'effetto clinico della luce riflessa è irrilevante, ma può rappresentare un **PERICOLO per l'operatore, per il paziente e per l'ambiente circostante.**

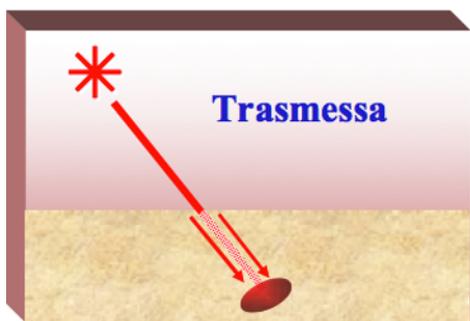
Quindi: necessità di **protezione con appositi occhiali** per gli operatori ed il paziente ed attenzione a presenza di superfici riflettenti.

Diffusione



Parte della luce laser assorbita dal tessuto è diffusa in tutte le direzioni mentre passa attraverso un tessuto **perde energia.**

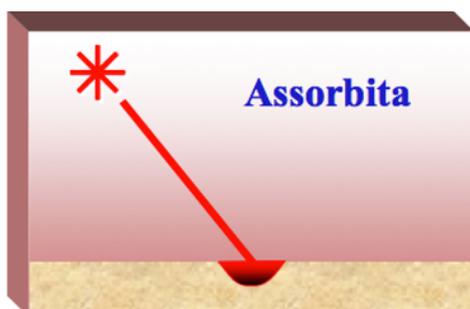
Trasmissione



L'energia che attraversa i tessuti non interagisce con essi ad es. perché non contiene il cromoforo adatto.

Potrebbe tuttavia essere assorbita dai tessuti sottostanti provocando seri danni.

Assorbimento



È **l'effetto predominante.**

Il raggio incidente **si propaga** attraverso il tessuto e **interagisce** con atomi e molecole all'interno della sostanza stessa (per assorbimento da parte di **cromofori**).

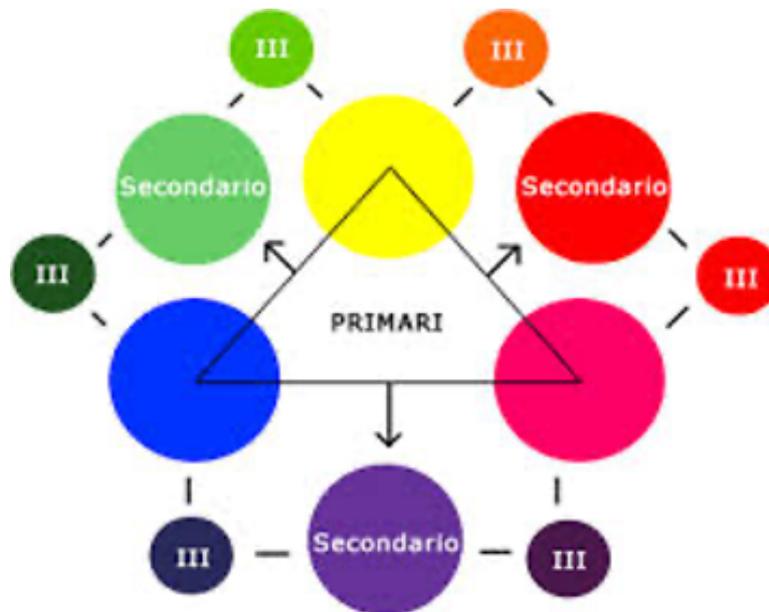
Determina l'azione di taglio, vaporizzazione o coagulazione a seconda della quantità di energia che colpisce il tessuto.

L'assorbimento da parte dei tessuti è il fattore indispensabile per ottenere un effetto biologico ed il colore ne è un esempio immediato. Nel campo del visibile abbiamo tre colori fondamentali (Rosso, Verde, Blu) detti **primari additivi**.

Dalla combinazione dei colori primari si ottengono i **colori secondari** ed ogni colore secondario è **complementare** ad un primario, ossia lo assorbe mentre riflette gli altri due.

Una prima implicazione clinica consiste, ad esempio, nella scelta del cromoforo da abbinare ad un gel per sbiancamento rapido alla poltrona, attivato con la luce, oppure nella scelta del laser più idoneo per l'epilazione, o ancora del cromoforo da utilizzare in terapia fotodinamica. I **cromofori** sono quindi gruppi di atomi o molecole in grado di assorbire la radiazione elettromagnetica.

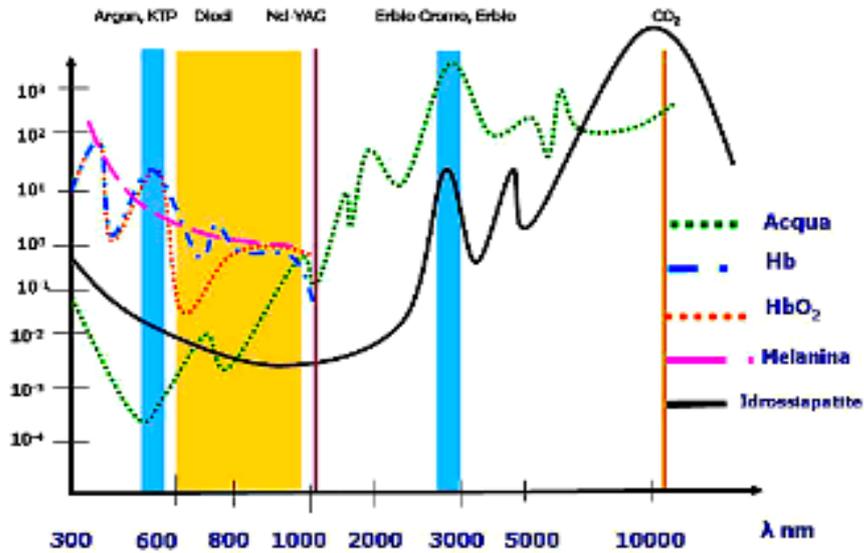
La monocromaticità della luce laser è alla base della sua **selettività**, cioè della capacità di ogni lunghezza d'onda di interagire in misura determinante solo su alcuni cromofori specifici.



Cromoforo: gruppo di atomi capaci di conferire una determinata colorazione ad una sostanza responsabile dell'assorbimento della radiazione elettromagnetica nel campo del visibile. Il cromoforo è un gruppo di atomi o molecole in grado di assorbire una o più lunghezze d'onda; è quindi il "bersaglio" della radiazione laser.

L'assorbimento dei fotoni da parte di un cromoforo all'interno di un tessuto bersaglio, è la base del processo dinamico di un laser odontoiatrico. Tra i cromofori di interesse, che ritroviamo nei tessuti biologici, i principali sono **l'acqua, l'emoglobina, l'idrossiapatite e la melanina** per le lunghezze d'onda normalmente utilizzate in odontoiatria.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLO SPETTRO DI ASSORBIMENTO DEI PRINCIPALI CROMOFORI



I principali cromofori che troviamo nei tessuti biologici sono: **Acqua, Emoglobina, Idrossiapatite e Melanina**

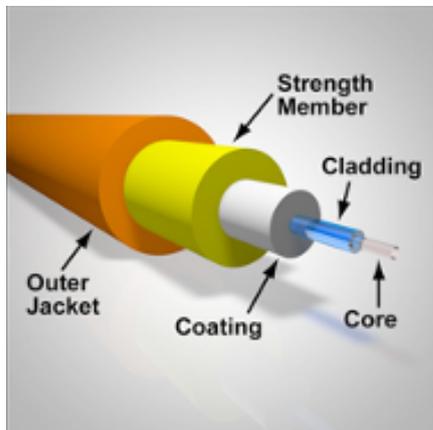
Il Laser a DIODI ha massimo assorbimento nell'emoglobina

Il Laser Nd-YAG ha massimo assorbimento nella melanina

Il Laser Er-YAG ha massimo assorbimento nell'acqua

Il Laser CO₂ ha massimo assorbimento nell'acqua

Il trasporto dell'energia avviene attraverso le fibre ottiche e l'emissione attraverso i puntali



Le punte o tips



Le punte total irradiation, con una diffusione uniforme del fascio a 360°, consentono un irraggiamento ottimale della parte trattata e quindi una decontaminazione efficace.

La fibra ottica può avere un diametro variabile. In genere:

200 micron nelle ablazioni tissutali e endodonzia

300-400 micron nella piccola chirurgia orale

600 micron nello sbiancamento

La fibra va maneggiata con cura e si deve sempre controllare che lo spot della luce guida sia circolare e regolare viceversa si creerà una perdita di potenza.

L'attivazione della fibra consente di convertire parte dell'energia trasmessa dalla fibra in calore.

Si attua applicando un cromoforo assorbente alla sua estremità. Praticamente si può "attivare" la fibra, brunendone la punta, ad es. utilizzando una banale cartina d'articolazione blu, che funga da cromoforo e assorba parte dell'energia, convertendola in calore (hot tip).

I fattori della luce che influenzano l'assorbimento sono:

- Lunghezza d'onda
- Modalità di emissione
- Tempo e durata dell'esposizione
- Intensità della radiazione
- Entità di raffreddamento esterno

A loro volta il grado di riassorbimento del tessuto, il suo grado di tensione e la sua vascolarizzazione sono in grado di influenzare l'irradiazione.

Lunghezze d'onda da 536 nm a 1064 nm sono efficaci sui tessuti molli.

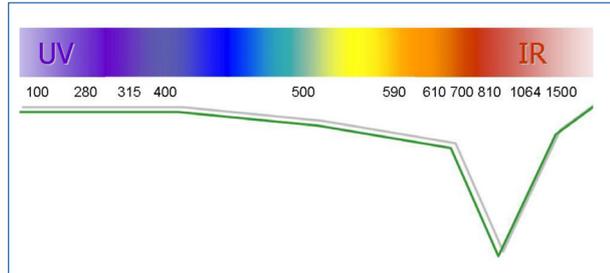
Lunghezze d'onda da 2940 e oltre sono più adatte ai tessuti duri (ma anche molli).

La manualità dell'operatore influisce principalmente sulla intensità (power density, ossia energia per unità di tempo e per unità di superficie); aumentando la velocità di scorrimento o allontanandosi dal bersaglio defocalizzando il raggio, a parità di tempo di applicazione, si aumenta la superficie sulla quale viene distribuita la stessa quantità di energia. L'analisi dello spettro d'assorbimento consente di prevedere la potenziale penetrazione delle varie lunghezze d'onda. È possibile individuare una "finestra ottica", ossia un range di lunghezze d'onda capaci di penetrare in profondità.

FINESTRA OTTICA

La profondità di penetrazione dipende dalla concentrazione dei cromofori, quindi delle sostanze in grado di assorbire più o meno la radiazione utilizzata e dalla intensità (power density).

Un altro fattore in grado di influenzare la profondità di penetrazione è la **diffusione, o**



scattering, ossia la capacità delle costituenti del tessuto bersaglio di disperdere la radiazione, con mantenimento o senza mantenimento della energia originale.

Una radiazione fortemente diffusa, come quella di un laser che non sia fortemente assorbita (es. diodo 810 nm, oppure Nd:YAG) penetrerà più in profondità per il fenomeno dello “forward scattering” (diffusione oltre il massimo della ipotetica penetrazione) e può distribuire la sua energia ancora di più in profondità in relazione alle modalità di emissione ed alle intensità in gioco (ad es. il laser Nd:YAG, con emissione pulsata ed alte potenze di picco).

Il tempo non influisce sulla profondità di penetrazione, ma influisce sicuramente sulla diffusione termica. Ogni costituente tissutale possiede una propria conducibilità termica e capacità termica, parametri ai quali possiamo far corrispondere il **tempo di rilassamento termico (TRT: thermal relaxation time)**, comunemente indicato come il tempo necessario affinché un dato componente disperda il 50% del calore somministrato.

Il contenuto in acqua, buon conduttore e costituente principale di molti tessuti, condiziona fortemente il tempo di rilassamento termico di un determinato bersaglio.

Se la durata dell'impulso è minore del TRT, il danno termico rimane circoscritto al bersaglio e non si diffonde ai tessuti circostanti.

Durata d'impulso	Profondità di danneggiamento
2 microsecondi	50 micrometri
600 microsecondi	70 micrometri
2 millisecondi	170 micrometri
50 millisecondi	750 micrometri

Per favorire l'assorbimento della radiazione laser, o per ottenere un effetto riducendo l'energia necessaria (la regola vuole che si utilizzi sempre l'energia minima necessaria per ottenere l'effetto

voluta), è possibile utilizzare dei cromofori esogeni, quali ad esempio blu di metilene, blu di toluidina, verde indocianina ed altri. Queste sostanze possono essere utilizzate come fotosensibilizzanti per la terapia fotodinamica (ad es. nella decontaminazione di una tasca parodontale); una volta “attivate” dalla luce laser producono delle Specie Reattive dell'Ossigeno (ROS, Ossigeno singoletto) dotate di capacità battericide.

Effetti delle fluenze sui tessuti

- Effetto fototermico
- Effetto fotochimico
- Effetto fotomeccanico fotoacustico
- Fotoablazione

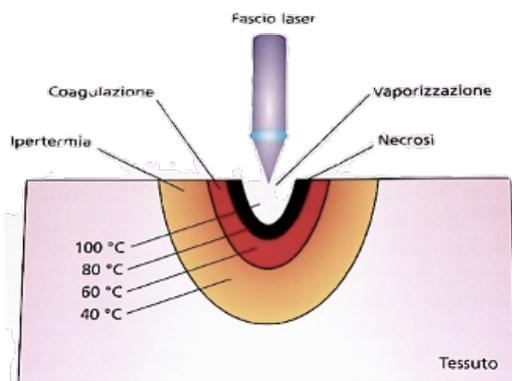
Effetto fototermico

Rappresenta il principale effetto della radiazione laser (comune a tutte le lunghezze d'onda). La radiazione luminosa viene convertita in energia termica: il calore determina la vaporizzazione tissutale.

A livello microscopico i fotoni assorbiti dalle molecole determinano un aumento dello stato vibrazionale con incremento dell'energia cinetica e di conseguenza della temperatura.

Per aumentare o diminuire l'effetto termico si può agire su

- Potenza del laser
- Tempo di radiazione
- Distanza dai tessuti; allontanando la fonte della radiazione senza cambiare energia, si aumenta la superficie irradiata e diminuisce il calore
- L'accumulo termico dipende inoltre dalla modalità di emissione, dal tempo di ogni pulse e dal rilascio termico



A seconda dell'Energia assorbita per unità di T e di Vol, si possono avere a livello macroscopico, **effetti biologici diversi** sui tessuti molli. Molti di questi effetti possono avvenire simultaneamente in differenti zone del volume irradiato.

Questi sono gli effetti termici che si possono verificare a livello cellulare

- T = 37 a 60° C: ipertermia, edema, metabolismo anormale (reversibile fino a 50° C)
- T = 60 a 65° C: coagulazione
- T = 65 a 90° C: denaturazione delle proteine
- T = 90 a 100° C: disidratazione
- T sup. 100° C: distruzione, evaporazione, ablazione
- T sup. 200° C: carbonizzazione

L'intensità della radiazione laser e la concentrazione dei cromofori all'interno dei tessuti, determinano la profondità di penetrazione per una determinata lunghezza d'onda (legge di Lambert-Beer).

È indispensabile conoscere a fondo i meccanismi di interazione laser/tessuto per essere in grado di interagire e modulare l'azione del laser al fine di ottenere i risultati voluti ed **evitare danni**.

Effetto fotomeccanico – fotoacustico

Con Fluenze $1000\text{J}/\text{cm}^2$ l'energia produce un'onda d'urto intensa (a seguito di formazione di plasma o di vaporizzazione rapida dell'acqua), utilizzabile per la distruzione di strutture biologiche.

Nella realtà, localmente, i processi si verificano contemporaneamente nel sito irradiato.

Questi processi avvengono con tempi di impulso inferiori al tempo di rilassamento termico dei tessuti, con alte potenze di picco $\text{peak power} = W/\Delta t$.

Effetto fotochimico

Si verifica quando vengono utilizzati i cromofori in quanto l'energia assorbita dal cromoforo determina all'interno dei tessuti, una reazione chimica.

Gli effetti di tale reazione chimica vengono sfruttati nella **terapia fotodinamica**.

Tipologie di laser

Nd:YAG lunghezza d'onda 1064 nm, utilizzato nella terapia dei tessuti molli, non adatto ai tessuti duri.

Diodi lunghezza d'onda 450 nm (laser blu) 810-980 nm, trova applicazione nella piccola chirurgia dei tessuti molli, non adatto ai tessuti duri.

Er:YAG lunghezza d'onda 2940 nm, trova specifiche applicazioni nella terapia dei tessuti duri, sui quali permette la preparazione di cavità.

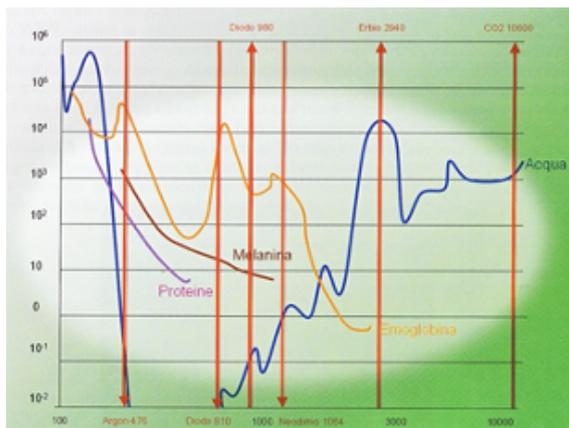
CO2 lunghezza d'onda 10600 nm, trova applicazione nella piccola chirurgia dei tessuti molli, non adatto ai tessuti duri.

I Laser a DIODI hanno il massimo assorbimento nell'emoglobina (il blu anche melanina)

I Laser Nd-YAG hanno il massimo assorbimento nella melanina

I Laser Er-YAG hanno il massimo assorbimento nell'acqua

Laser CO2 hanno il massimo assorbimento nell'acqua



Applicazioni cliniche con il laser a diodi

Chirurgia: gengivectomia e gengivoplasica; frenulectomia; scopertura impianti (no tessuto fibroso); prelievi istologici; apertura del solco gengivale; emostasi; trattamento di afte ed herpes; drenaggio di ascessi.

Endodonzia: sterilizzazione del Canale

Parodontologia: sterilizzazione di tasche gengivali; trattamento delle periimplantiti

Desensibilizzazione dentinale

Sbiancamento di denti vitali e non

Fotobiomodulazione

FOTOBIMODULAZIONE



Con questi parametri potete tranquillamente trattare:

- Afte
- Tessuto parodontale
- Ghiandole salivari maggiori (in caso di xerostomia)
- ATM

- Con LASER 980 nm: 0,25 W per 120 sec su cm²
- Con LASER ND-YAG 1064 nm: 0,5 W per 60 sec su cm²

SBIANCAMENTO E DESENSIBILIZZAZIONE



Con questi parametri potete tranquillamente fare:

- Trattamento sbiancante
- Trattamento desensibilizzante con applicazione di gel al fluoro

TERAPIA FOTODINAMICA ANTIMICROBICA



- Parametri fissi per un trattamento poco invasivo, ma dall'alto potere decontaminante
- Utilizzabile su tutti i biotipi parodontali
- Consigliato nel trattamento delle perimplantiti e mucosite
- Nel caso si utilizzi un LED usare la potenza massima disponibile

TERAPIA PARODONTALE NON CHIRURGICA

810 810 nm 2-2,5 W

980 980 nm 1,6-2W

Fibra 300-400 µm

Modalità pulsata 50%
50 HZ

Tempo da 15 a 30 sec per versante,
in base alla profondità della tasca,



TERAPIA PARODONTALE NON CHIRURGICA

810 810 nm 1-1,5 W

980 980 nm 1-1,5W

Fibra 300-400 µm

Modalità pulsata 50%
200 Hz

Tempo da 15 a 30 sec per versante,
in base alla profondità della tasca,



TERAPIA PARODONTALE NON CHIRURGICA



Attenzione, questa è la modalità dove bisogna stare più attenti e bisogna saper variare meglio i parametri in base alle caratteristiche del paziente.

Ricordate inoltre che solo con questa modalità si riesce ad eliminare il tessuto di granulazione.

Come dimostrato da Romanos bastano 15 sec per eliminare l'epitelio sulculare infetto .