

## الليزر في طب الأسنان

د. محمد أحمد معلا

( كلية طب الأسنان ، جامعة المنارة )

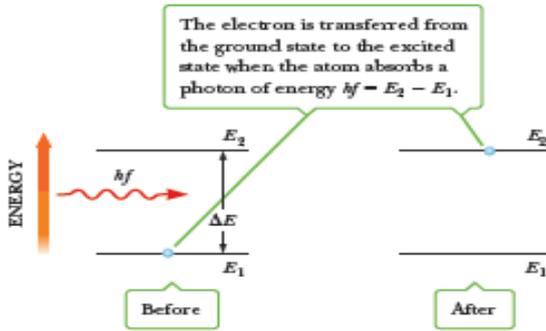
البريد الإلكتروني: mohammad.moualla@manara.edu.sy

### الملخص

نتطرق في هذه المقالة إلى استخدامات الليزر في مجال طب الأسنان. حيث أننا سنتحدث عن آلية توليد إشعاع الليزر والخواص الفيزيائية لهذا الإشعاع بالإضافة إلى الحديث عن آليات تفاعل إشعاع الليزر مع النسيج الحية، كما أننا سنتطرق إلى أشهر أنواع الليزر المستخدمة في كافة تخصصات طب الأسنان كالجراحة والمداواة وطب الفم.

### 1. مقدمة

يعتمد إصدار الليزر على مبدأ الإصدار المحثوث (الشكل 1)، وهو عبارة عن عملية إصدار كهربي مدعومة بعملية إصدار محثوث. يتم في عملية الإصدار الكهربي إصدار فوتون من ذرة تم إثارتها عن طريق تقديم طاقة خارجية بغية رفعها من سوية طاقة دنيا إلى سوية طاقة عليا، أي تتم عملية الإصدار بفعل فوتون وارد خارجي (محررض) تواتره مساوي لتواتر الفوتون الصادر (المتحررض) [1].



يعتبر علم الليزر أحد أهم فروع الفيزياء الحديثة، نظراً لتعدد استخداماته وتطبيقاته في مختلف مجالات الحياة العلمية والصناعية، ويعود اكتشاف الليزر إلى ستينيات القرن الماضي في مخابر الولايات المتحدة الأمريكية. تعني كلمة ليزر **LASER** تضخيم الضوء بواسطة الإصدار المحثوث للإشعاع، وهي اختصار للمصطلح الفيزيائي (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

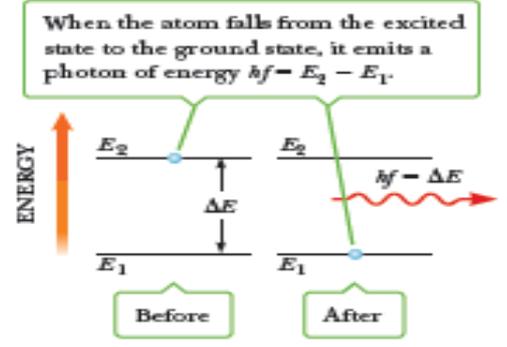
يشمل ضوء الليزر عدة أطوال موجية، وليس المجال المرئي فقط، كمجال الأشعة تحت الحمراء IR والأشعة فوق البنفسجية UV. ولكن هذا لا يعني أنه من غير الممكن توليد الليزر في مجالات طيفية أخرى. يدعى الليزر المولد في الأطوال الموجية الأكبر (المجالات الميكروية والراديوية) بالميزر **MASER** (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

إصدار الليزر (Laser Emission)

طاقة الليزر (طاقة الضخ)، أما الثالث والرابع فهما عبارة عن مرآتين مختلفتي الشفافية (الشكل 3).

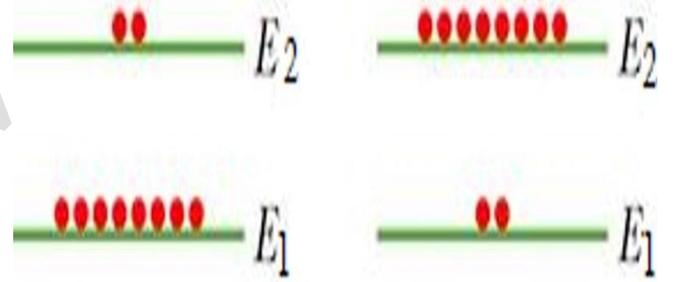
بالنسبة لوسط الريح فهو الوسط الذي تتولد منه أشعة الليزر وهو عبارة عن مادة محفزة للإصدار المحثوث قد تكون صلبة أو سائلة أو غازية، تمتاز هذه المادة بامتلاكها عدد من المستويات الطاقةية لتحقيق بينها الانتقالات الذرية الضرورية للحصول على ضوء الليزر. تتواجد هذه المادة ضمن تجويف أسطواني مصمت عالي الانعكاسية. يتحقق الانقلاب الإسكاني بواسطة منبع للطاقة قد يكون عبارة عن تيار كهربائي أو حتى منبع ليزري لتزويد إلكترونات وسط الريح بالطاقة الضرورية لانتقالها إلى السويات الطاقةية الأعلى وتصبح بالتالي ذرات مثارة تمتلك نفس السوية الطاقةية، بالتالي عند عودة هذه الإلكترونات المثارة أنياً إلى السوية الأساسية فإنها ستصدر الطاقة التي امتصتها على شكل فوتونات ضوئية تمتلك نفس التواتر والطول الموجي، أي أننا نحصل على ضوء وحيد اللون لأنه مكون من عدد هائل من الفوتونات بنفس الطول الموجي والتواتر وهو ما يعرف بالضوء النقي [1].

يحتوي هذه التجويف مرآتين عاكستين مستويتين أو مقعرتين توضعان متقابلتان بحيث توضع المادة الفعالة (وسط الريح) بينهما، تكون المرآة الأولى شديدة الانعكاسية بحيث أنها تمنع نفاذ الضوء نهائياً، وأما المرآة الثانية فتكون شفافة نسبياً كي تتيح لشعاع الليزر النفاذ نحو الخارج عند شدة معينة. يتيح هذا الترتيب الهندسي للمرايا انعكاس الضوء الصادر ذهاباً وإياباً عابراً وسط الريح بشكل دائم، وهو ما يؤدي بدوره إلى تضخيم الضوء بشكل أكبر وعلى مراحل بالاعتماد على طريقة التغذية الراجعة وينشأ بالتالي عن ذلك تداخلات بناءة بين هذه الامواج المنعكسة تنتج بالمحصلة موجة مستقرة ليزرية بتركيز وطاقة عاليين.



الشكل 1: مبدأ الإصدار المحثوث في الليزر [2].

بغية تحقيق الإصدار المحثوث وبالتالي تحقق الليزرية ينبغي في البدء تحقيق شرط هام جداً يعرف بالانقلاب الإسكاني Population Inversion (الشكل 2)، قلب توزع الذرات المثارة خارج حالة التوازن الحراري، أي يجب أن يكون عدد الذرات في حالة الإثارة أكبر منه في الحالة الطبيعية. بينت الدراسات النظرية بأن احتمال قيام إشعاع وارد بتحريض عملية الإصدار المحثوث في جسم ما متوازن حرارياً هي شبه معدومة، لأن الإصدار المحثوث تزداد نسبته بازدياد عدد الذرات المثارة.

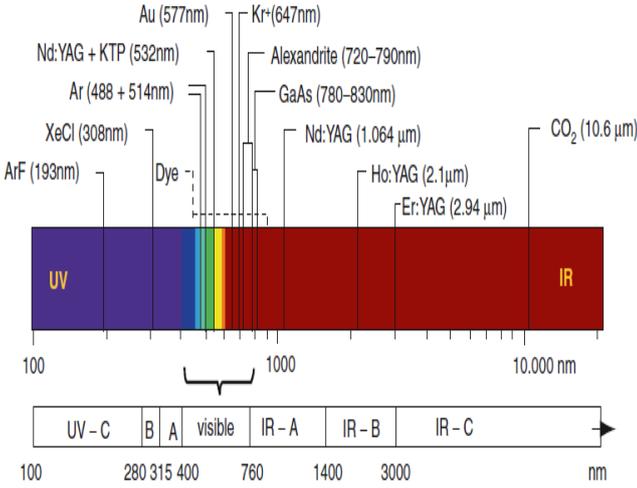


الشكل 2: توزع طبيعي للذرات في جسم ما (يساراً)، وعملية انقلاب إسكاني (يميناً) [1].

### مكونات الليزر (Laser Parts)

يتكون جهاز الليزر، في الحالة العامة، من أربعة أقسام رئيسية. يدعى القسم الأول وهو الأهم وسط الريح والثاني منبع

100nm وصولاً إلى حوالي 10000nm أي أنها تشمل المجال المرئي بالإضافة إلى الأشعة تحت الحمراء القريبة وجزء من الأشعة فوق البنفسجية (الشكل 4).

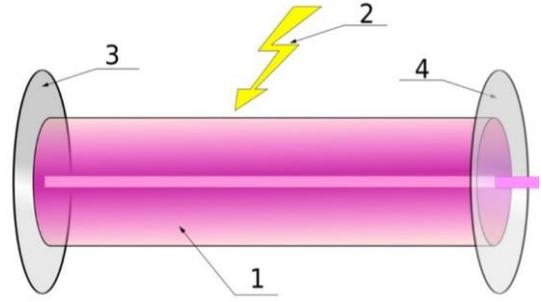


الشكل 4: مجال إصدار مختلف أنواع الليزر [1].

أما كمية الطاقة الناتجة، فتمتد من أجزاء من الملي واط حتى عشرات الكيلوواط في حال الليزر المستمر بزمّن إصدار طويل نسبياً، ولكنها قد تصل إلى قيمة عالية جداً في حالة الليزر النبضي ولكن بزمّن إصدار قصير جداً يقدر بحوالي فيمتو ثانية.

**A. ليزرات الحالة الصلبة:** يستخدم في هذا النوع من الليزر أجسام صلبة كقضيب بلوري أو زجاجي مشوب بأيونات أوساط ربح بغية تأمين حالة الإثارة الطاقية المطلوبة لإنتاج ضوء الليزر. أما نظام الضخ فهو في الغالب الضوء الصادر من مصابيح غازية كهربائية يتم ملؤها بغاز مناسب لتعطي تردد ضوء الضخ المطلوب ويتم لف أنبوب المصباح على جسم قضيب الليزر بشكل حلزوني. يتم في الأنواع الحديثة استخدام ثنائيات (Laser Diodes) في عملية الضخ بدلاً من المصابيح الغازية وذلك لصغر حجمها وانخفاض أثمانها حيث يتم تسليط ضوء ثنائي الليزر مباشرة على القضيب [3].

يعتبر الليزر الياقوتي (Ruby Laser) المصنوع من الياقوت المشوب بأيونات الكروم، من أول وأشهر ليزرات الأجسام الصلبة حيث يتم الإبقاء على الانقلاب الإسكاني في ذرات الكروم



الشكل 3: الأقسام الرئيسية لليزر. 1. وسط الربح، 2. طاقة الضخ، 3. مرآة عالية الشفافية، 4. مرآة شفافة نسبياً [1].

### أنواع الليزر (Laser types)

نظراً للتطبيقات العديدة لأجهزة الليزر في مختلف مجالات الحياة، فهناك عدد كبير جداً من الليزر المستخدمة وبأطوال موجية مختلفة، حيث تشترك معظم الليزر المستخدمة في المجالات الطبية بوقوعها ضمن المجالات الترددية الثلاث: المرئي (Visible)، تحت الأحمر بمجالاته الثلاث (NIR-MIR-FIR) وفوق البنفسجي بمجالاته الثلاث (UVA-UVB-UVC) (الشكل 4). تكون هذه الليزر إما صلبة أو سائلة أو غازية بحسب نوع المادة الفعالة المستخدمة لتوليد الليزر. بالإضافة إلى نوع المادة الفعالة، تختلف أنواع الليزر بحسب طريقة الضخ الضوئي أو طريقة التضخيم أيضاً. فقد يتم الضخ الضوئي باستخدام ضوء مرئي أو غير مرئي من مجالات الطيف الكهروضوئي أو عن طريق تمرير أو تفريغ التيار الكهربائي أو من خلال التفاعلات الكيميائية. أما تضخيم الضوء فيعتمد على نوع المادة الفعالة، ففي حالة الأجسام الصلبة قد يتم صقل أوجه الجسم الصلب أو يتم استخدام المرايا في حالة الغازات والسوائل، كذلك الأمر بالنسبة للمرايا المستخدمة فقد تكون مسطحة أو مقعرة بالإضافة إلى درجة الانعكاسية. في كل نوع من هذه الأنواع الرئيسية يوجد أنواع فرعية بخصائص مختلفة مثل طول موجة وشدة الضوء الصادر وطريقة إصداره مستمر أم نبضي وكذلك حجم ووزن جهاز الليزر وقيمة الجهد والتيار اللازمين لتشغيله وكفاءة التحويل وعمر التشغيل الافتراضي [1]. تتراوح الأطوال الموجية لضوء الليزر الممكن توليده ما بين

يملك شعاع الليزر مجموعة من الخصائص الفيزيائية الفريدة من نوعها، مقارنةً بالمصادر الطبيعية (كالشمس مثلاً) أو الصناعية للضوء (كالمصابيح الكهربائية مثلاً)، والتي تؤهله للإستخدام في العديد من التطبيقات الطبية. من أهم هذه الخصائص:

1. **أحادية اللون (Monochromaticity):** من أهم الخواص التي يمتلكها شعاع الليزر ما يعرف بالنقاوة الطيفية، حيث أنه يتكون من عدد هائل من الفوتونات المتطابقة بالتواتر (وبالتالي بالطول الموجي) بعكس أنواع الضوء الأخرى التي تحوي عادةً عدة ترددات وبالتالي تبدو كأنها ضوء أبيض، في حين أن ضوء الليزر يمتلك لون واحد فقط.

2. **الترابط الضوئي (Optical Coherence):** حيث أن الفوتونات (الأمواج) المكونة لحزمة الليزر تمتلك نفس الطور (متفقة في الطور) بالإضافة إلى امتلاكها نفس الاستقطاب، مما يعني الحصول على موجة واحدة محصلة ناتجة عن التداخل البناء ما بين هذه الأمواج وبالتالي شدة وتركيز للطاقة عاليين لا يمكن الحصول عليهما باستخدام الأنواع الأخرى للضوء.

3. **التوجيه (Directionality):** يمتاز شعاع الليزر بامتلاك زاوية صلبة (زاوية انحراف) صغيرة جداً تبلغ واحد بالألف من الدرجة، مما يعني أن شعاع الليزر يقطع مسافات طويلة دون أن تنتشت طاقته بعيداً عن المنبع. فلو افترضنا أن قطر حزمة الليزر الصادرة عن منبع ما تبلغ عدة ملمترات، بالتالي سيصبح القطر بعد مسافة ألف كيلومتر حوالي خمس ملمترات. من العوامل الرئيسية التي تحدد الزاوية الصلبة هي قطر حزمة الليزر وطول موجته [3].

4. **الشدة العالية (High Intensity):** بما أن شعاع الليزر يحافظ على قطر الحزمة بعد أن يقطع مسافة معينة بعيداً عن المنبع، فهذا يعني امتلاك الليزر كثافة عالية من الطاقة تتركز ضمن مقطع صغير جداً من النسيج الحي لا يتجاوز عدة ميكرو مترات مربعة وبالتالي يُظهر الليزر تأثيرات نسيجية مختلفة بالإعتماد على طول الموجة وكثافة الطاقة ومدّة التعرض والخواص الامتصاصية للنسيج الحي المستهدف.

بواسطة أنبوب ومضي أو حتى ليزر آخر مصدر لطول موجي أقصر منه في حالة الطول الموجي لعملية الليزر.

هناك عشرات الأنواع من ليزرات الحالة الصلبة حيث يستخدم في معظمها أجسام صلبة بلورية اصطناعية كحجر الياغ (**YAG: Yttrium Aluminum Garnet**) وهو عبارة عن حجر كريم اصطناعي يعطي ألوان عديدة عند تطعيمه بالعناصر المختلفة. وعند استخدامه في الليزر يتم تطعيمه بعناصر فعالة تكون في الغالب من العناصر الأرضية النادرة كي تعطي طيفاً واسعاً من الترددات.

B. **ليزرات أنصاف النواقل:** عبارة عن ليزرات حالة صلبة يكون وسط الربح فيها عبارة عن جسم صلب نصف ناقل. يتم تطعيم بلورة الجسم الصلب بعناصر مانحة وأخرى مستقبلية لتصبح على شكل وصلة موجب-سالب أي ثنائي، لذلك يدعى ثنائي الليزر (**Laser Diode**)، وأما عملية الضخ فتتم من خلال تمرير تيار في هذه الوصلة وإذا ما تجاوزت قيمة التيار قيمة حدية فإن الثنائي يبدأ بتوليد ضوء الليزر [3].

C. **الليزرات الغازية:** يكون وسط الربح في الليزرات الغازية عبارة عن غاز أو مجموعة غازات تحت ضغط منخفض توضع بين مرآتين عاكستين وتتم عملية الضخ من خلال التفريغ الكهربائي في الغاز عند تسليط جهد كهربائي عالي بين أقطاب موجودة عند طرفي الأنبوبة. يمتاز الليزرات الغازية بانخفاض تكلفتها وقدرتها على توليد استطاعات عالية وعمر تشغيلي طويل نسبياً. من أشهر أنواع الليزرات الغازية المستخدمة في جراحة الوجه والفكين هو ليزر ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$ .

بالإضافة إلى الأنواع السابقة الرئيسية فهناك أنواع أخرى من الليزرات كالليزرات الصباغية (**Dye Lasers**)، ليزر بخار المعادن (**Metal-Vapor Laser**)، ليزر الإلكترونات الحرة (**Free Electron Laser**) والليزرات الكيميائية (**Chemical Lasers**).

خواص شعاع الليزر (**Laser Properties**)

## II. تفاعل الليزر مع النسيج الحية

هناك عدد كبير من تطبيقات الليزر الحرارية في مجال طب الأسنان من أهمها الوقاية من النخور السنوية عن طريق زيادة مقاومة ميناء السن للنخر في المناطق الضعيفة والخطرة من السن، حيث يتم توجيه نبضة ليزرية قصيرة ولكن بطاقة عالية إلى هذه المنطقة مما يؤدي إلى تغطية السن بطبقة رقيقة ناتجة عن تصلب الجزء السطحي من ميناء السن (بفعل الحرارة العالية) دون حدوث أي تشققات قد تقضي إلى النخر.

## III. الليزر المستخدمة في طب الأسنان

تصنف الليزر ضمن نوعين رئيسيين طبقاً للإستخدامات الطبية، وهما الليزر اللين والليزر القاسي [3].

A. الليزر اللين (Soft Laser) أو ما يعرف بالليزر البارد. يمتاز هذا النوع من الليزر بطاقة المنخفضة نسبياً، حيث يتم امتصاص هذه الطاقة من قبل جزيئات المادة المكون للنسيج وبالتالي تشكيل أيونات مع الحفاظ على الروابط الكيميائية، أي الحفاظ على بنية النسيج، لأن الغاية الرئيسية من استخدام هذا النوع من الليزر هو الوصول إلى شفاء النسيج المصاب عن طريق تنشيط الخلايا الخلية من خلال زيادة إنتاج الكولاجين وبالتالي زيادة الاستقلاب والمساعدة في تجديد النسيج وعلاج التقرحات الفموية. من أشهر أنواع الليزر اللين، الليزر الآتية:

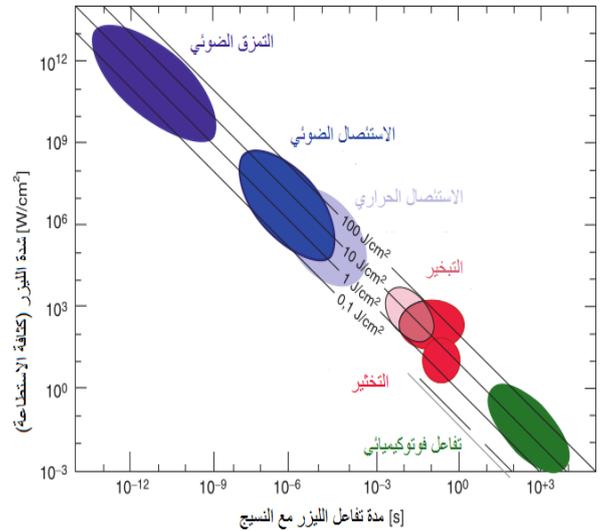
1. ليزر الهيليوم نيون (He-Ne): هو عبارة عن ليزر غازي تكون المادة الفعالة فيه مزيج من غازي الهيليوم He والنيون Ne بنسبة 10/1. يتم إصدار هذا الليزر بعدة أطوال موجية تقع جميعها ضمن المجال المرئي من الطيف الكهروضوئي للضوء ولكن أكثر هذه الأطوال الموجية استخداماً في المجال الطبي هو الطول الموجي 632.8nm الموافق للون الأحمر R من المجال المرئي.

2. ليزر الغاليوم ألومنيوم أرسينيد (Ga-Al-As): هو عبارة عن ليزر نصف ناقل، يكون وسط الريح فيه جسم صلب مكون من خليط من ثلاث عناصر وهي: الغاليوم Ga والألمنيوم Al والزرنيق As. يمتاز هذا الليزر بطاقة منخفضة نسبياً، مقارنةً

تتعدد التأثيرات الناجمة عن تفاعل إشعاع الليزر مع النسيج الحية، وذلك بتعدد وتنوع الخصائص الضوئية للنسيج ك معاملات الانعكاس والإمتصاص والإنتثار بالإضافة للخصائص الحرارية للنسيج كالنقل الحراري والسعة الحرارية والبارامترات الفيزيائية لشعاع الليزر كالتطول الموجي ومدة التعرض وكثافة الطاقة وكثافة الاستطاعة، حيث تعد مدة التعرض من أهم الخصائص عند اختيار نوع معين من أنواع التأثيرات.

تصنف تأثيرات تفاعل الليزر مع النسيج الحية في خمسة أنواع رئيسية وهي: التفاعلات الفوتوكيميائية والتفاعلات الحرارية والاستئصال الضوئي والاستئصال المتحرض بالبلازما والتمزق الضوئي (الشكل 5).

تعتبر التفاعلات الحرارية (Thermal effects) من أهم تفاعلات التأثير المتبادل بين الليزر والنسيج الحية، حيث تقوم النسيج الحية بامتصاص طاقة الليزر وبالتالي ينشأ ثلاث درجات من التأثير وهي التبخير (Vaporisation)، يستخدم تأثير التبخير في وقف النزف وتأثير التبخير في أتلان أنسجة وأورام بأحجام صغيرة.



الشكل 5: تأثيرات تفاعل الليزر مع النسيج الحية [1].

هناك استخدامات عديدة لليزر الديود في مجال طب الأسنان، من أهمها الجراحة الفموية والمداواة اللبية. بما أن الطولان الموجيان الموافقان للأصفر والأخضر في ليزر الديود يتوافقان بشدة مع قمم امتصاص الهيموغلوبين، يمكن استخدام هذه الليزرزات في تخثير الدم والأوعية الدموية بالإضافة إلى القدرة على إجراء شق جراحي صغير، كما أنه يستخدم في معالجة الأفتية الجذرية (الشكل 6) بالإضافة إلى معالجة فرط الحساسية من خلال إغلاق القنيات العاجية المفتوحة.

**3. ليزر ثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>):** ليزر غازي وسط الريح فيه هو غاز ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub>. تستطيع ليزرات غاز ثاني أكسيد الكربون أن تصدر مئات الكيلوواط عند الطولين الموجيين 960nm و 1060nm وبالتالي يمكن استخدامها طبياً كمشرط ليزري (حراري)، وصناعياً في قطع المعادن ولحامها. عند دراسة جسم الإنسان كجسم أسود مصدر للأشعة تحت الحمراء IR، تبين أن الإصدار والامتصاص الأعظمي لجسم الإنسان يكون عند الطول الموجي الموافق لـ 960nm، مما يبرر استخدام هذا الطول الموجي كمشرط جراحي عندما يكون المنبع هو ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون. كما يمكن استخدام الطول الموجي 1060nm في الجراحة نظراً لأن موقعه في منحنى تابع إشعاع الجسم الأسود للجسم البشري ليس بعيداً كثيراً عن الطول الموجي المقابل للنهاية العظمى وبالتالي يكون امتصاصه من قبل الجسم كبير [1]. يمتاز هذا الليزر بأن اختراقه للأنسجة قليل (تأثيره سطحي) وبالتالي يتم تفرغ كامل طاقة الليزر في النسيج السطحية على شكل طاقة حرارية وهو ما يفسر استخدامه في التعقيم بالإضافة إلى إزالة النسيج الرخوة ومن ثم تأمين عملية التخثير والإرقاء [4].

بليزر الهيليوم-نيون. مجال إصداره هو تحت الأحمر القريب NIR بطول موجي يقع ضمن المجال 750nm-850nm .

**B. الليزر الصلب (Hard Laser):** يمتاز هذا الليزر بطاقته المرتفعة نسبياً لذلك يستعمل هذا النوع من الليزرزات في مجال زراعة الأسنان بالإضافة لاستخدامه في الجراحة لقدرته على قطع واستئصال النسيج المصاب. من أشهر أنواع الليزر الصلب، الليزرزات الآتية:

**1. ليزر الأرجون الأيوني (Argon Laser):** هو ليزر غازي يستخدم أيونات غاز الأرجون النبيل كوسط ربح. يمتاز هذا الليزر بأنه مستمر وبإصدار أطوال موجية عديدة يقع معظمها في المجال المرئي من الطيف الكهرطيسي للضوء أبرزها الأطوال الموجية 488nm و 514.5nm بالإضافة إلى عدة أطوال موجية ضمن المجال فوق البنفسجي UV. الطول الموجي الأكثر استخداماً في مجال طب الأسنان هو اللون الأخضر حيث يستخدم في العمليات الجراحية الصغيرة لقدرته على إرقاء النزف بفعل تفاعله مع الهيموغلوبين. من الإستخدامات الإضافية في مجال الأسنان استخدامه في التصليب الضوئي لترميمات الكومبوزيت لشدته العالية مقارنةً بالتصليب العادي، كما أنه يستخدم في معالجة التهابات اللثة بالإضافة إلى الكشف عن النخور السنية (مقترنة بالتصوير الشعاعي).

**2. ليزر ديود (Laser Diode, LD):** يعرف الديود (الثنائي) الليزري بأنه ليزر نصف ناقل يضخ الطاقة كهربائياً ويكون الوسط الفعال (وسط الريح) فيه وصلة NP بين نوعين من أنصاف النواقل، أحدها مشوب بشائبة مانحة للإلكترونات N والثاني مشوب بشائبة آخذة للإلكترونات P تصدر الضوء الليزري من خلال عملية اتحاد الإلكترونات مع الثقوب.

عادةً ما تعطي ليزرات أنصاف النواقل أطوال موجية طويلة نسبياً تقع في المجال تحت الأحمر، لكن تم تصنيع ليزرات ديود تعطي أطوال موجية متوسطة تقع في المجال المرئي من الطيف الكهرطيسي للضوء [3].

واحتمال حدوث التهاب لب دائم, لكن بينت الدراسات قدرته على إزالة تسوس الأسنان في مراحله البدئية [4].

#### IV. أهمية الليزر في طب الأسنان



الشكل 6: معالجة لبية باستخدام ليزر ديود.

يعتبر استخدام الليزر في طب الأسنان حديث العهد لكنه أثبت فعالية عالية في العلاج من خلال تطبيقاته العديدة والهامة في الجراحة والمداواة السنية وطب الفم. من فوائد استخدام الليزر في طب الأسنان:

1. يؤمن استخدام الليزر مساحة عمل جافة بفعل قدرته على إرقاء النسيج الدموي وتعقيمه.
  2. تقليل الوزمة والانتاج التاليين للعمل الجراحي.
  3. عدم الحاجة إلى استخدام الغرزات وتأمين رؤية واضحة لفم المريض لقلة الأدوات المستخدمة.
  4. عدم استخدام أو تخفيف استخدام مواد التخدير لأنه عديم أو قليل الألم.
  5. لا يصدر جهاز الليزر أي صوت مقارنةً بالأجهزة التقليدية وبالتالي لا يعاني المريض من أي توتر أثناء العلاج.
  6. التخفيف من الأعراض الجانبية التالية للعمل الجراحي مقارنةً بالجراحة التقليدية.
- لكن تعتبر تكلفة العلاج بالليزر عالية مقارنةً بالعلاج بالطرق التقليدية.

#### شكر

أتوجه بالشكر لعمادة كلية طب الأسنان في جامعة المنارة على ترشيحهم لي للمشاركة في ورشة عمل الليزر وتطبيقاته الطبية التي أقيمت العام الفائت 2021 في المعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته في رحاب جامعة دمشق، مع كل تمنياتي لمجلة جامعة المنارة بالنجاح والوصول إلى مرتبة علمية مرموقة كما تستحق.

4. ليزر إربيوم-ياغ (Er:YAG): هو عبارة عن ليزر صلب وسط الربح فيه صفيحة من الغرانيت مشوبة بأيونات الإربيوم (Er). يصدر هذا الليزر إشعاع يقع في المجال تحت الأحمر المتوسط MIR بطول موجي يقع ضمن المجال 2900nm-2940nm. يستخدم هذا الليزر بشكل رئيس لتطهير أسطح العاج والمينا بالإضافة إلى إزالة تسوس الأسنان بفعل تأثيره السطحي وانخفاض عمق اختراقه وبالتالي فهو آمن ل لب السن. من ميزات استخدام هذا الليزر انه لا يسبب أي ألم أو إزعاج للمريض بالإضافة إلى عدم توليد حرارة خطيرة ضمن الفم بفعل وجود نظام تبريد عالي الكفاءة, لكن لا يمكن استخدامه في تخثير الشعيرات الدموية.

5. ليزر نيديميوم-ياغ (Nd:YAG): هو عبارة عن ليزر صلب وسط الربح فيه صفيحة من الغرانيت مشوبة بأيونات عنصر النيوديوم (Nd). يمتاز هذا الليزر بطاقة أعلى من طاقة ليزر إربيوم-ياغ لأن مجال إصداره هو تحت الأحمر القريب NIR وبتول موجي 1064 nm قريب من طول موجة ليزر CO<sub>2</sub>. يستخدم هذا الليزر بشكل رئيس في علاج النسيج الرخوة كأمراض اللثة (انحسار والتهاب اللثة) بالإضافة إلى مداواة الأسنان اللبية (تعقيم الأقنية الجذرية) والجراحة الفموية البسيطة بفعل قدرته على قطح النسيج الرخوة وتأمين عملية الإرقاء. لا يستخدم هذا الليزر في حفر الأسنان نتيجة عمق اختراقه

## المراجع:

- [1]. محمد أحمد معلل. "الفيزياء الطبية", نوبة نظري لطلاب السنة الأولى طب أسنان, جامعة المنارة 2021
- [2]. إبراهيم بلال, عاطف الجندي. "فيزياء الليزر", كتاب جامعي لطلاب السنة الرابعة فيزياء. منشورات جامعة تشرين 2013
- [3]. College physics, Vuille|Serway, eighth edition. Brooks|Cole, USA 2009. ISBN 13-978-0-495-55498-1
- [4]. Principles and Practice of LASER DENTISTRY, Robert A. Convisar, 2nd edition. ELSEVEIR MOSBY, USA 2016. ISBN: 978-0-323-29762-2
- ## منشورات المؤلف:
- [1]. Moualla, M. (2021). The telescopes of Manara Astronomy Club. *Manara University Journal (JMU)*, Vol. 1, Issue 4.
- [2]. Moualla, M. (2021). New variable stars in the Pleiades cluster. *Tartous University Journal for Research and Scientific Studies*, Vol. 5 No. 3 (2021).
- [3]. Moualla, M. (2021). Studying the Pulsating Star 2MASS J03424676+2529504 in the Pleiades open cluster, *Tishreen University Journal -Basic Sciences Series*, Vol. 43 No. 5.
- [4]. Moualla, M. (2021). Variable stars. *Manara University Journal (JMU)*, Vol. 1, Issue 1.
- [5]. Moualla, M. (2020). Photometric variability of a field of stars in the Pleiades cluster, *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies*, Vol. 42, issue 4.
- [6]. Raetz, St., Schmidt, T. O. B., Czesla, S., Klocová, T., Holmes, L., Errmann, R., Kitze, M., Moualla, M. et al. (2016). YETI observations of the young transiting planet candidate CVSO 30 b. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 460, issue 3, pp. 2834-2852.
- [7]. Errmann, R., Torres, G., Schmidt, T. O. B., Seeliger, M., Howard, A. W., Maciejewski, G., Neuhäuser, R., Moualla, M. et al. (2014). Investigation of a transiting planet candidate in Trumpler 37: An astrophysical false positive eclipsing spectroscopic binary star. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 335, Issue 4, p.345.
- [8]. Chen, W. P., Hu, S. C. L., Errmann, R., Adam, Ch., Baar, S., Berndt, A., Bukowiecki, L., Moualla, M. et al. A Possible Detection of Occultation by a Protoplanetary Clump in GM Cephei. *The Astrophysical Journal*, Vol. 751, Issue 2, article id. 118, 5 pp. (2012).
- [9]. Berndt, A., Errmann, R., Maciejewski, G., Raetz, St., Marka, C., Ginski, Ch., Mugrauer, M., Moualla, M. et al. *Observation of Young Stars at the University Observatory Jena. 16th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun. ASP Conference Series*, Vol. 448.
- [10]. Moualla, M., Schmidt, T. O. B., Neuhäuser, R., Hambaryan, V. V., Errmann, R., Trepl, L. and et al. (2011). A new flare star member candidate in the Pleiades cluster. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 332, Issue 7, p.661.
- [11]. Raetz, S., Mugrauer, M., Schmidt, T. O. B., Roell, T., Eisenbeiss, T., Vaňko, M., Moualla, M. and et al. *Observations of planetary transits at the University Observatory Jena. Research, Science and Technology of Brown Dwarfs and Exoplanets: Proceedings of an International Conference held in Shangai on Occasion of a Total Eclipse of the Sun*, Edited by E.L. Martin; J. Ge; W. Lin; EPJ Web of Conferences, Vol.16, id.01003 (2011).
- [12]. Neuhäuser, R., Errmann, R., Berndt, A., Maciejewski, G., Takahashi, H., Chen, W. P., Moualla, M., et al. (2011). Young Exoplanet Transit Initiative (YETI). *Astronomische Nachrichten*, Vol. 332, Issue 6, p.547.
- [13]. Maciejewski, G.- Neuhäuser, R., Errmann, R., Mugrauer, M., Adam, Ch., Berndt, A., Moualla, M., et al. (2011). Towards the Rosetta Stone of planet formation Detection and Dynamics of Transiting Exoplanets, *St. Michel l'Observatoire*, Vol. 11, id.04006
- [14]. Hohle, M., Eisenbeiss, T., Mugrauer, M., Freistetter, F., Moualla, M. and et al. (2011). Photometric study of the OB star cluster NGC 15025 and NGC 2169 and mass estimation of their members at the University Observatory Jena. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.511.
- [15]. Raetz, S., Vaňko, M., Mugrauer, M., Schmidt, T. O. B., Roell, T., Eisenbeiss, T., Hohle, M. M., Moualla, M. and et al. (2009). Photometric analysis of the eclipsing binary 2MASS 19090585+4911585, *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 8, p. 504.
- [16]. Neuhäuser, R., Koeltzsch, A., Raetz, St., Schmidt, T. O. B., Mugrauer, M., Moualla, M. and et al. (2009). Photometric monitoring of the young star Par 1724 in Orion. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.493.
- [17]. Koeltzsch, A, Mugrauer, M., Raetz, St., Schmidt, T. O. B., Roell, T., Eisenbeiss, T., Moualla, M. and et al. (2009). Variability of young stars: Determination of rotational periods of weak-line T Tauri stars in the Cepheus-Cassiopeia star-forming region. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.482-492.
- [18]. Raetz, St., Mugrauer, M., Schmidt, T. O. B., Roell, T., Eisenbeiss, T., Moualla, M. and et al. (2009). Planetary transit observations at the University Observatory Jena: TrES-2. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.459.
- [19]. Eisenbeiss, T., Moualla, M., and et al. (2009). New brown dwarf candidates in the Pleiades. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.439.