

JPU
جامعة الجزيرة الخاصة
ALJAZEERA PRIVATE UNIVERSITY

الفيزياء الطبية

كلية الصيدلة

الليزر وتطبيقاته الطبية

الدكتور المهندس يحيى لحفي

14

المحتوى

- ▶ تعريف الليزر وأهم خصائصه
- ▶ فيزياء الإصدار المحثوث
- ▶ المبدأ الأساسي لإصدار ضوء الليزر
- ▶ مكونات جهاز الليزر
- ▶ أنواع الليزر
 - ▶ الغازية
 - ▶ الصلبة
 - ▶ السائلة
- ▶ تطبيقات الليزر في الطب

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

2

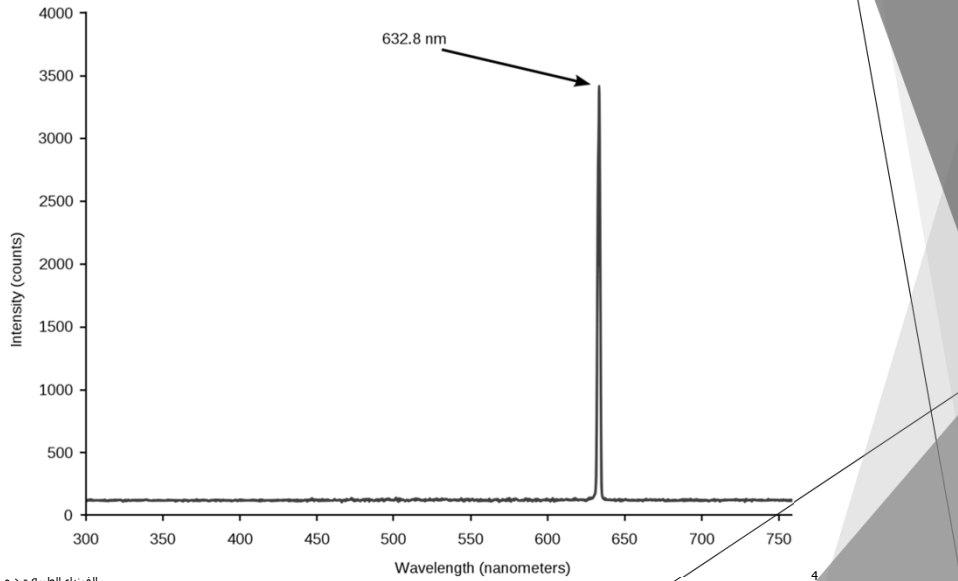
تعريف الليزر وأهم خصائصه

- ▶ يعرف الليزر LASER بأنه تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للإشعاع وكلمة الليزر مشتقة من العبارة الإنكليزية التالية:
Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
- ▶ ويقصد بال ضوء هنا الإشعاع الكهرطيسي
- ▶ يتميز شعاع الليزر بما يلي:
- ▶ يصدر في حزمة ضيقة ضعيفة التباعد ومترابطة مكانياً، يمكن تداولها بالعدسات.
- ▶ يولد (يصدر) أمواجاً منتظمة متطابقة في التواتر والطور والاستقطاب وهو ما يدعى بالضوء المترابط coherent light في تقانة الليزر
- ▶ هو ضوء أحادي اللون monochromatic light عموماً
- ▶ ضيق الطيف الكهرطيسي حول أطواله الموجية
- ▶ يكون شعاع الليزر دقيقاً ومركزاً بعكس الضوء الصادر عن المصباح مثلاً.

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

3

تعريف الليزر وأهم خصائصه



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

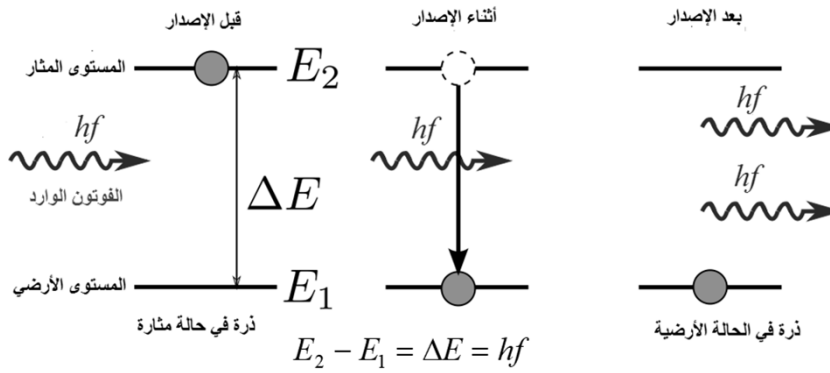
4

فيزياء الإصدار المحثوث

- ▶ تكون الذرات عادة في وضع الاستقرار بحيث تكون إلكتروناتها في أقل مستوى طاقي ممكن أو ما يدعى بالمستوى الأرضي.
- ▶ يمكن رفع هذه الإلكترونات إلى مستوى طاقة أعلى باستخدام مصدر للضوء أو انقراض كهربائي ويدعى ذلك بالتوزيع السكاني المقلوب أي يصبح عدد الإلكترونات في المستوى الأعلى للطاقة يكون أكبر بكثير من تلك في المستوى الأرضي. وهذا الشرط لا يتحقق إلا في مواد معينة تسمى الوسط الفعال التي يكون عدد المدارات في نطاق توصيلها ثلاثة أو أكثر وبحيث يوجد مدار شبه مستقر بين المدار منخفض الطاقة والمدار عالي الطاقة.
- ▶ يمكن أن تعود هذه الإلكترونات إلى المستوى الأرضي إما:
 - ▶ الإصدار التلقائي: مطلقة طاقة على شكل فوتون ضوئي ينطلق بشكل عشوائي في جميع مناحي الفراغ.
 - ▶ الإصدار المحثوث: عندما يمر فوتون يحمل طاقة تساوي الفرق بين مستويي الطاقة مما يدفع الذرة إلى إصدار فوتون مطابق له في كل الصفات مما يؤدي إلى تضخيم عدد الفوتونات.
 - ▶ لإصدار الليزر يوضع وسط التضخيم بين مرآتين متقابلتين (الأولى مرآة عاكسة تماماً وأخرى عاكسة بنسبة 99.9%) تعملان على عكس الضوء مرات كثيرة بحيث يتم تضخيم الضوء بنفس الطريقة في كل مرة.

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

المبدأ الأساسي لإصدار ضوء الليزر



مبدأ الإصدار المحثوث

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

6

مثال

قارن بين شدة إضاءة مصباح كروي قطره ٦ سم وقدرته ١٠٠ واط وشعاع ليزر قدرته ١٠ ملي واط وقطره ١ ملم.

$$\text{شدة الضوء} = \frac{\text{مقدار الطاقة المنبعثة}}{\text{وحدة مساحة} \times \text{وحدة زمن}}$$

حيث إن الضوء المنبعث من اللمبة ينتشر في جميع الاتجاهات فإنه يمكن اعتبار أن اللمبة هي عبارة عن كرة نصف قطرها ٣ سم،

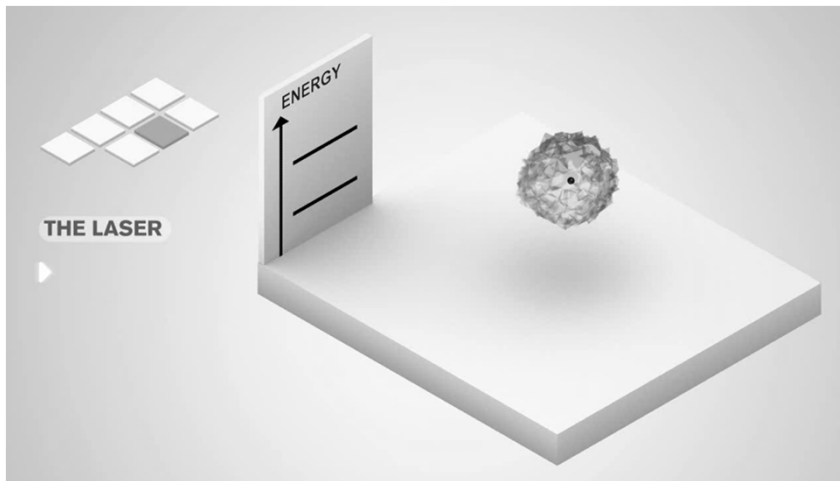
$$\text{شدة إضاءة المصباح} = \frac{\text{القدرة}}{\text{مساحة سطح الكرة}} = \frac{100}{\pi 4 (3-10)^2} = 8842 \text{ واط/م}^2$$

$$\text{شدة الليزر} = \frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}} = \frac{10 \times 10^{-3}}{\pi 4 (0,5-10)^2} = 12732 \text{ واط/م}^2$$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

7

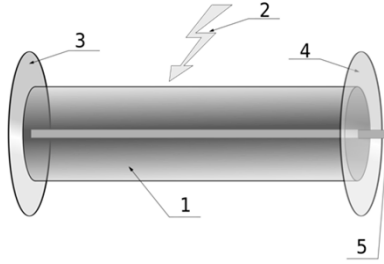
توليد الليزر



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

8

مكونات جهاز الليزر



الوسط الفعّال: وهو الوسط الذي تتولد منه أشعة الليزر وقد يكون بحالة صلبة أو سائلة أو غازية.

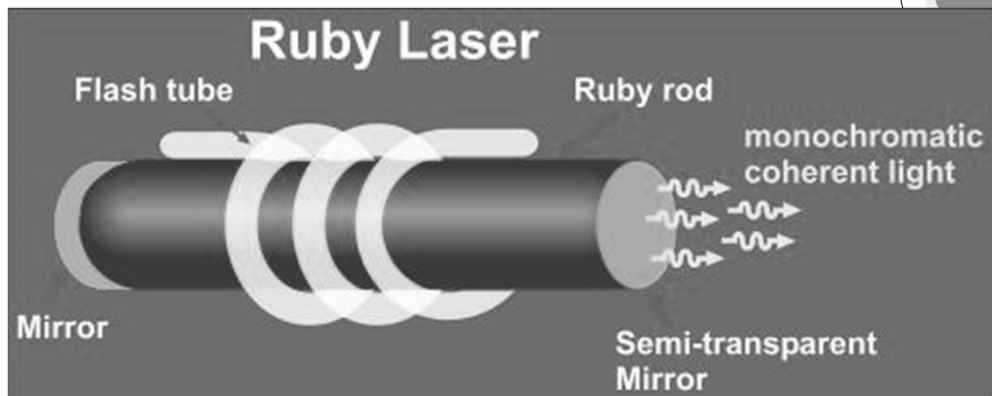
مضخة طاقة الليزر: تعمل على تزويد أكبر قدر ممكن من إلكترونات الوسط الفعال بالطاقة اللازمة لانتقالها إلى مستويات الطاقة الأعلى، ويمكن أن تكون ضوئية أو كهربائية أو كيميائية.

مرآة عاكسة مثالية.

مرآة عاكسة جزئياً.

مخرج شعاع الليزر.

شكل تخطيطي لليزر الياقوتي والإصدار



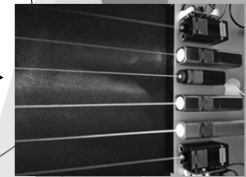
أنواع الليزر

▶ الليزر الغازية:

- ▶ **ليزر الأروغون الأيوني** التي تصدر في المجال 351-528.7 nm، ولو أن أكثر الخطوط شيوعاً 458 nm و 488 nm و 514.5 nm، يستخدم في لحم الشبكية بالمشيمية لدى المصابين بداء السكري.
- ▶ **ليزر النتروجين** يولد الضوء فوق البنفسجي عند الطول الموجي 337.1 nm .
- ▶ **ليزر الأيونات المعدنية** تولد الأطوال الموجية فوق البنفسجية البعيدة
- ▶ **ليزر الهليوم-نيون** (HeNe) helium-neon laser يصدر عند عدد كبير من الأطوال الموجية.
- ▶ **ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون** Carbon dioxide lasers 9.6 μm و 10.6 μm.
- ▶ **ليزر الإكسايمر** excimer laser هو أحد أشكال الليزر فوق البنفسجية يجمع في الحالة النموذجية بين غاز خامل (كالأروغون أو الكربتون أو الكزيتون) وغاز فعال (كالفلور أو الكلور)، يتميز بأنه دقيق للغاية بحيث يمكن تبخير حزمته في منطقة بصغر 0.25μm ويمكنه في كل مرة إزالة ثخانة بقدر 0.5% من عرض شعرة بشرية. ونظراً لارتفاع استطاعة هذه الليزر فهي مفيدة في الجراحة (وخاصة جراحة العين بالليزك) وفي المعالجة الجلدية بحيث تقدم طاقة كافية للتداخل مع الروابط الجزيئية في النسيج السطحي الذي يتفكك بالاستئصال الضوئي laser ablation وليس بالحرق.

أنواع الليزر

- ▶ **الليزر الصلبة:** تستعمل قضيباً بلورياً أو من الزجاج مشوباً بأيونات أوساط فعالة لتوفير الحالات الطاقية المطلوبة.
- ▶ **ليزر الياقوت المحضر من الياقوت (أكسيد الألمنيوم corundom) المشوب بالكروم).**
- ▶ **ليزر عقيق الإتريوم والألمنيوم المشوب بالنيوديوم** Nd:YAG. تولد ليزرات ذات استطاعة عالية في مجال الضوء تحت الأحمر وتستخدم في القطع واللحام والرسم على المعادن والمواد الأخرى وفي المطيافية أيضاً وفي ضخ الليزر الصباغية وفي صناعة المؤشرات الليزرية ذات اللون الأخضر.
- ▶ **ليزر الياقوت المشوب بالتيتانيوم** يولد ليزراً قابلاً للتوليف ضمن مجال واسع من تحت الأحمر، يشيع استخدامه في المطيافية.
- ▶ **الليزر نصف الناقل:** تعتمد على أوساط فعالة نصف ناقلة يصدر معظم الليزر في مجال تحت الأحمر القريب، ويصدر البعض الآخر الضوء الأحمر أو الأزرق أو البنفسجي ويستخدم كمؤشرات ليزرية.
- ▶ **ليزر الشلال الكومومي:** يحدث فيها انتقال فعال للإلكترون بين عصابات جزيئية للطاقة في بنية تحوي عدة آبار كومومية، وتصدر في المجال تحت الأحمر المتوسط والبعيد.



أنواع الليزر

▶ **الليزر الصباغية Dye lasers:** هي من الليزر السائلة التي تستخدم أصبغة عضوية منحلّة في محلات عضوية كوسط فعال تضخ بليزر وتصدر الضوء بالفلورة، تسمح إمكانية اتساع مجال أطوالها الموجية بمواءمتها بدقة مع خطوط امتصاص بعض النسيج كالميلانين أو الهيموغلوبين بينما يساعد ضيق العصابات التي يمكن الحصول عليها في تخفيض إمكانية إلحاق الضرر بالنسيج المحيط. تفيد هذه الليزر في المعالجة الجلدية، حيث تستعمل في معالجة:

▶ الوحمة الوعائية port-wine stains

▶ اضطرابات الأوعية الدموية الأخرى،

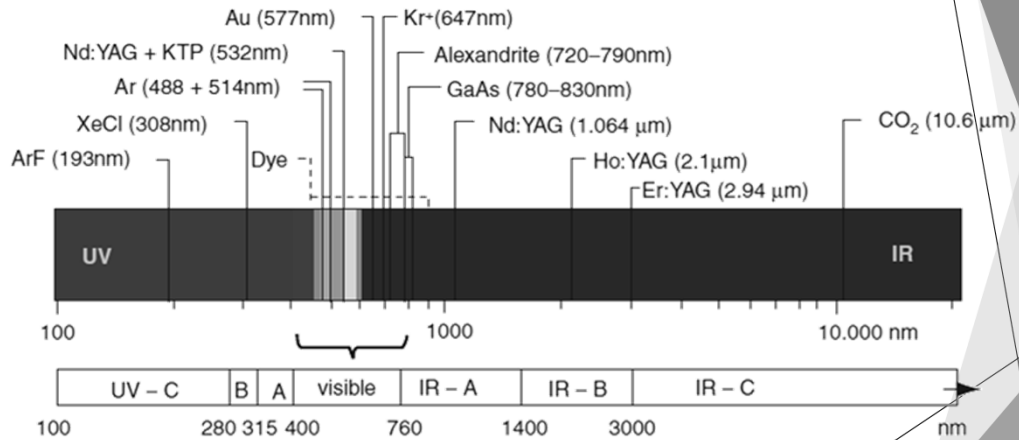
▶ الندبات

▶ تفتيت حصى الكلية.

▶ يمكن توليفها أيضاً مع تشكيلة من الأحبار لإزالة الوشوم بالإضافة إلى عدد من التطبيقات.

▶ **ليزر الإلكترونات الحرة (FEL) Free Electron Laser:** تولد إشعاعاً ليزرياً مترابطاً عالي الاستطاعة وبطيف واسع من الأطوال الموجية. يستعمل في تصوير الجزيئات الحيوية.

أنواع الليزر المستخدمة في المجالات الطبية



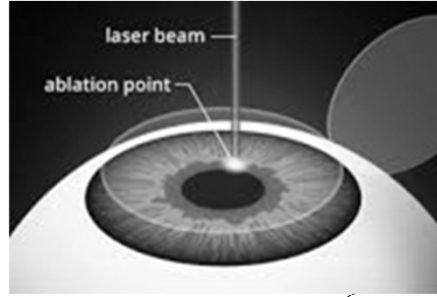
تطبيقات الليزر في الطب

في طب وجراحة العيون:

- ▶ **تعديل النظر:** تستعمل أشعة الليزر لتغيير مقدار تحدب وسط القرنية لتقليل تحدب العين من أجل معالجة قصر النظر أو نحت أجزاء من محيط القرنية لزيادة تحدب العين لمعالجة بعد النظر.
- ▶ **وصل الشرايين المنقوية في العين:** تستعمل أشعة ليزر البافوت ذات اللون الأخضر للصلق (لحم) الشرايين الممزقة في العين إذ يؤدي امتصاص الشرايين ذات اللون الأحمر لضوء الليزر إلى ارتفاع درجة حرارتها ومن ثم صهرها ووصلها.



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي



16

تطبيقات الليزر في الطب

في المعالجة الجلدية:



- ▶ **إزالة الوشم:** تعمل أشعة الليزر على تبيض الجلد من آثار الوشم عن طريق تبخير الخلايا الملونة بالوشم وتفتيت مادة الحبر وبعثرتها في الخلايا المجاورة ليتم التخلص منها عبر جهاز المناعة.
- ▶ **إزالة الشعر:** يستعمل ليزر صلب (Nd:YAG) ذي اللون تحت الأحمر لحرق بصيلات الشعر الداكنة اللون ومنع عودة نموها مرة ثانية.
- ▶ **إزالة الإحمرار السطحي والوجمات:** يستخدم ليزر الأرجون ذو اللون الأصفر لتبيض المنطقة الجلدية عبر تبخير الخلايا المصابة.
- ▶ **معالجة الأوعية الدموية السطحية:** تستعمل أطوال موجية مختلفة من الليزر لمعالجة بعض الأوردة والشرايين السطحية تبعاً لحجمها ولونها وعمقها.

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

17

المراجع

- ▶ الفيزياء للسنة التحضيرية في الكليات الطبية، وزارة التعليم العالي، د.سهام طرابيشي وآخرين، 2016
- ▶ محاضرات الفيزياء للسنة التحضيرية. د. سهام طرابيشي
- ▶ محاضرات فيزياء التصوير التشخيصي، د.م. يحيى لحفي، ماجستير الفيزياء الطبية، قسم الفيزياء، كلية العلوم ، 2017