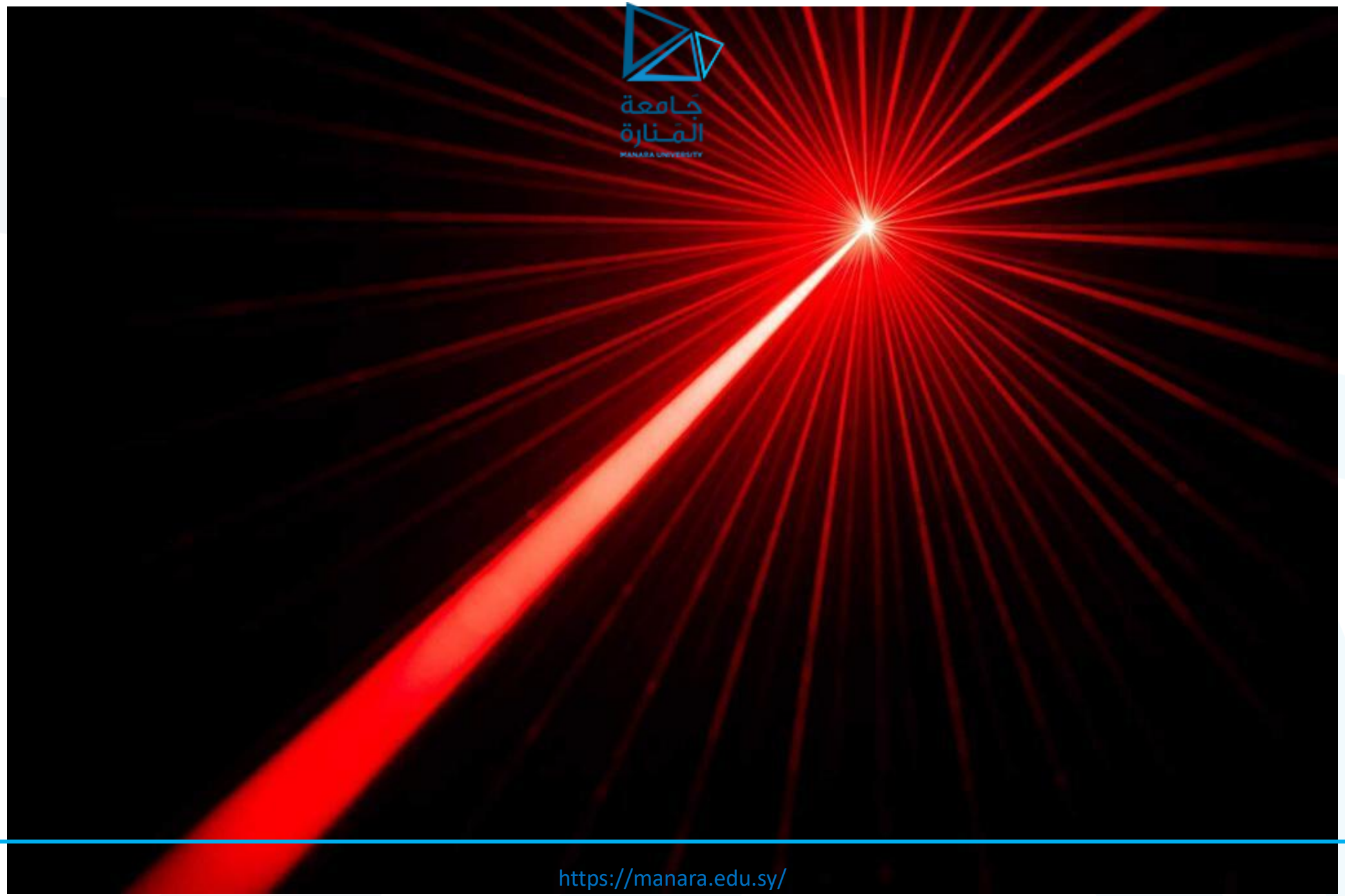
Definition of Laser & Laser Physics

تعريف الليزر وآليته الفيزيائية

Dr. Ali Khalil
PhD in Oral and Maxillofacial Surgery
Professor Emeritus, and Chairman,
Department of Oral and Maxillofacial Surgery
Faculty of Dentistry
Manara University

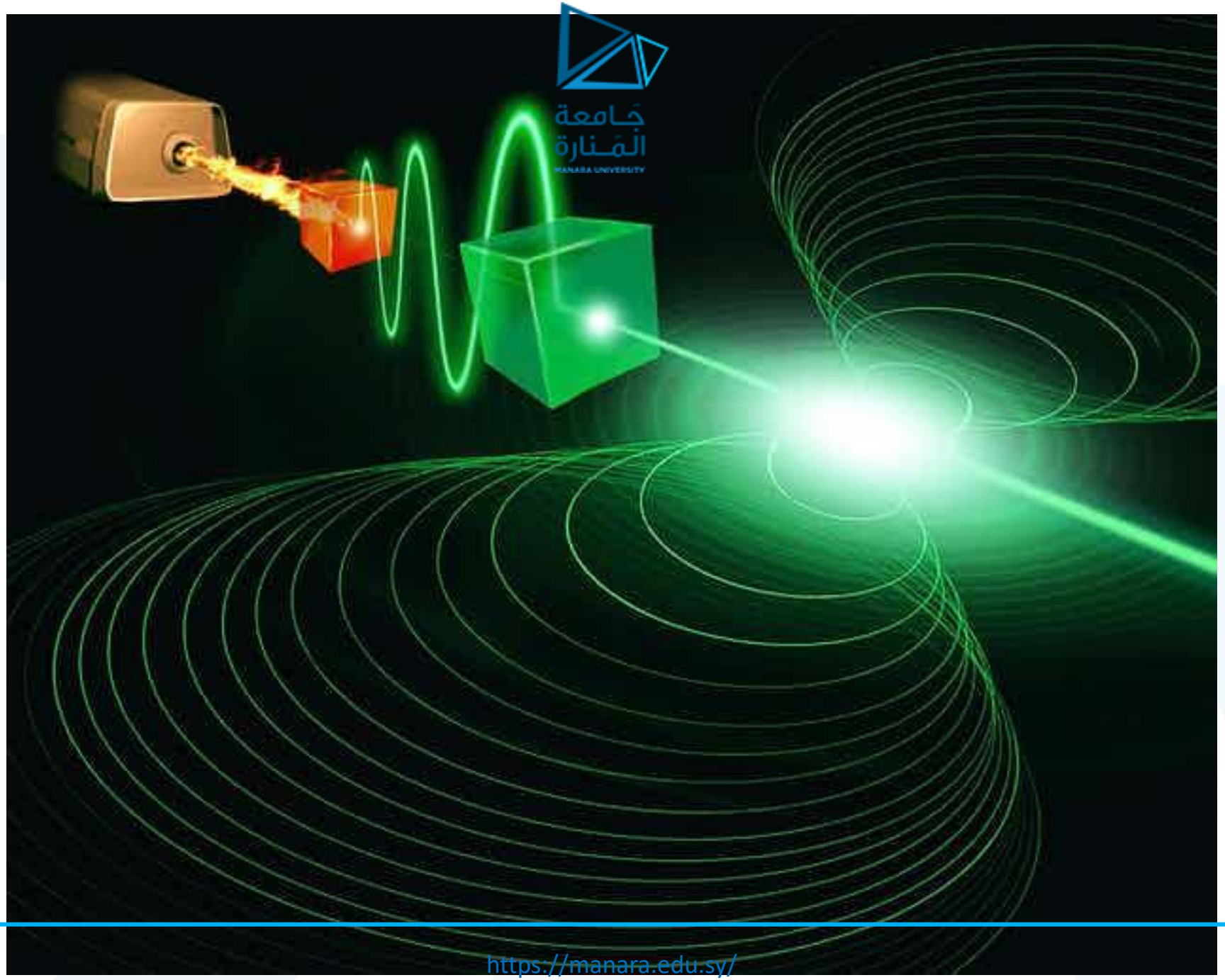

جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

المقدمة introduction

كلمة الليزر(LASER) هي اختصار يجمع أوائل حروف كلمات الجملة: Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation

أي تضخيم الضوء بواسطة الإصدار المحثوث (المُحفز، الفعال) للإشعاع.

- **شعاع الليزر هو حزمة ضيقة من الإشعاع الكهرومغناطيسي له طول وتواتر موجي واحد، طاقتة عالية وشديدة التماسك زمانيا ومكانياً.**
- **يتشكل الشعاع الليزري من حزمة من الفوتونات متساوية فى التردد ومتطابقة في الطور الموجي حيث تتداخل موجاتها تداخلا بناءً فيما بينها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية وشديدة التماسك زمانيا ومكانيا، ذات زاوية انفراج صغيرة جدا وهو ما لا يمكن تحقيقه باستخدام تقنيات أخرى غير تحفيز الاشعاع.**



تاريخ الليزر

- أول من تحدث عن امكانية الحصول على أشعة مختلفة من الضوء العادي بتهييج الذرات كان العالم اينشتاين بالنظرية النسبية عام 1916
- اكتشف الشعاع الليزري في بداية الخمسينات من القرن الماضي على يد العالمان الفيزيائيان الروسيان Prochorov Aleksandar & Basov 1954 حيث نشر أول مقالة عن إمكانية الحصول على أشعة الليزر من جهاز لتوليد الطاقة بالتحريض وسمي وقتها MAZAR لأنهم عملوا علي تحريض الذرات والحصول على الطاقة من molicula ومن هنا جاءت التسمية.
- في عام 1964 نال عليه جائزة نوبل للفيزياء مناصفة مع الفيزيائي الامريكي Charles Tawnes
- في عام 1960 اخترع العالم Maiman أول جهاز يساعد على تقوية الأمواج الضوئية بالتحريض وعندها سمي ب LASER وحاز على جائزة نوبل للفيزياء أيضاً.
- في عام 1973استخدم الليزر في الجراحة التجريبية على الحيوانات.

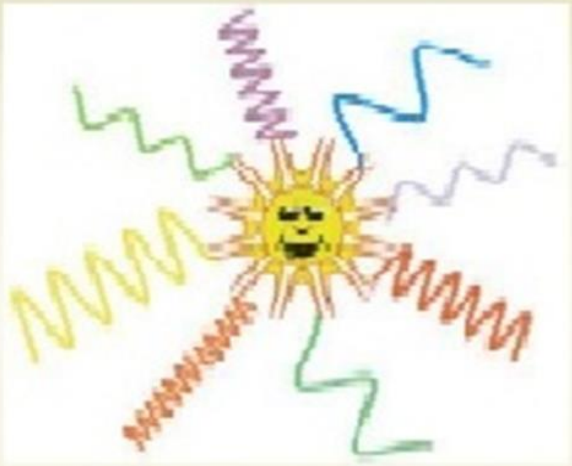
الضوء وشعاع الليزر

- الضوء الأبيض الذي نراه، كأشعة الشمس، مكون من ألوان الطيف التي تتدرج من الأحمر إلى البرتقالي، فالأصفر، فالأخضر، فالأزرق، فالنيلي، ثم البنفسجي.
- وقد تمكن العالم الإنجليزي "إسحق نيوتن" من الحصول على هذه الألوان عندما مرر شعاعاً ضوئياً في موشور زجاجي، فخرج الضوء وقد تفرق إلى هذه الألوان التي تعرف بـ "الطيف المرئي".
- يفسر حدوث هذا الطيف بأن الضوء يتكون من موجات ضوئية ذات ترددات مختلفة، وهذه الموجات تسير بالسرعة نفسها في الهواء.
- لكن سرعتها تختلف عن بعضها عندما تمر في وسط أكثر كثافة من الهواء، فتنكسر وتخرج في مجموعات طبقاً لترددتها.

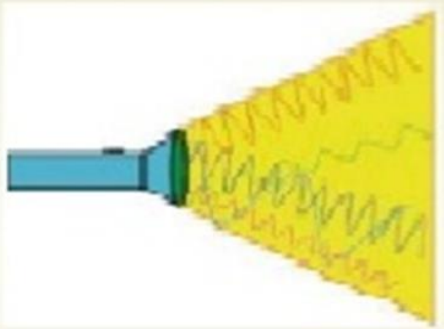
The following is a real scene shooting lighting effects

جامعة المنارة
https://manara.edu.sy/

مصادر الضوء

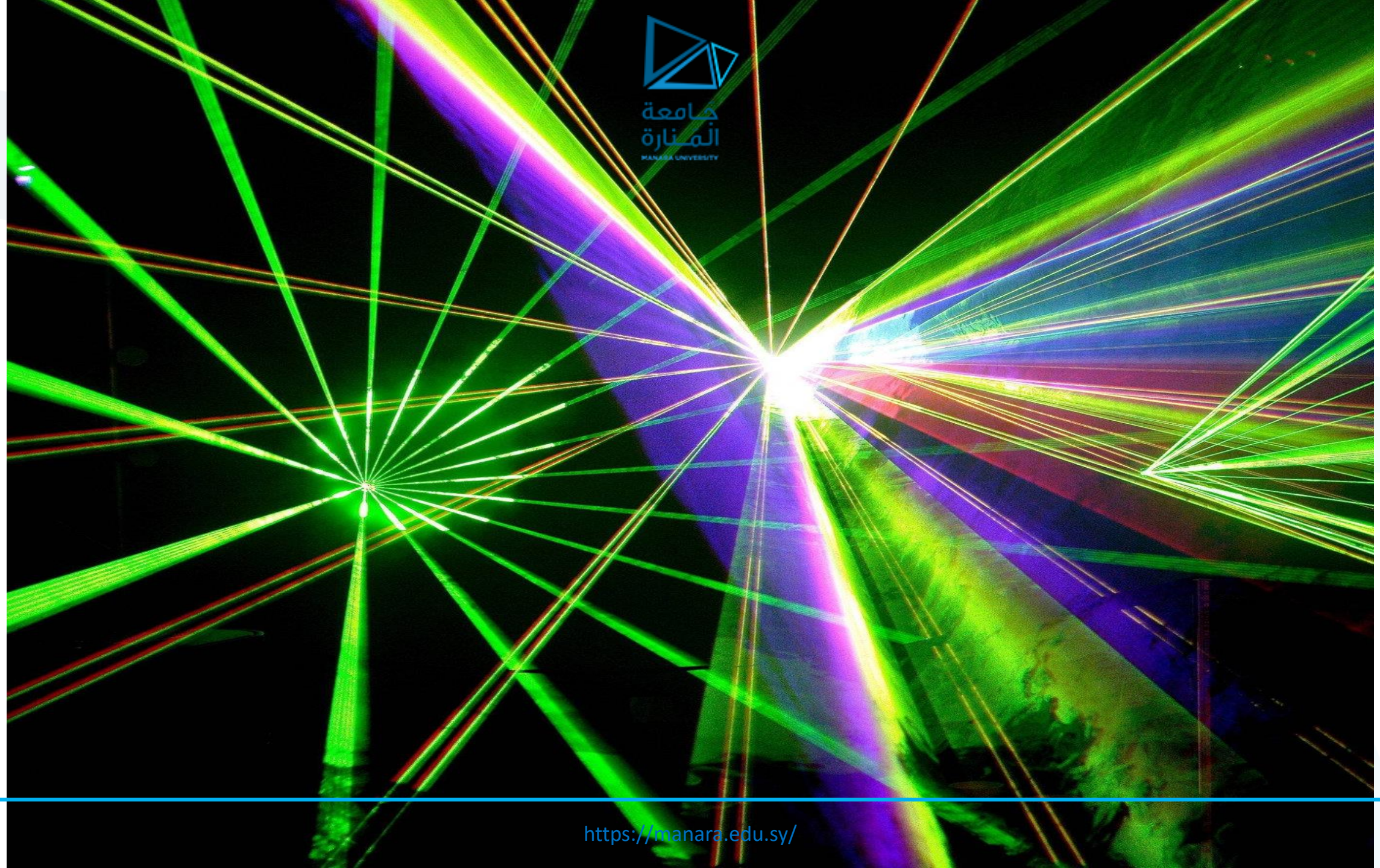


الشمس



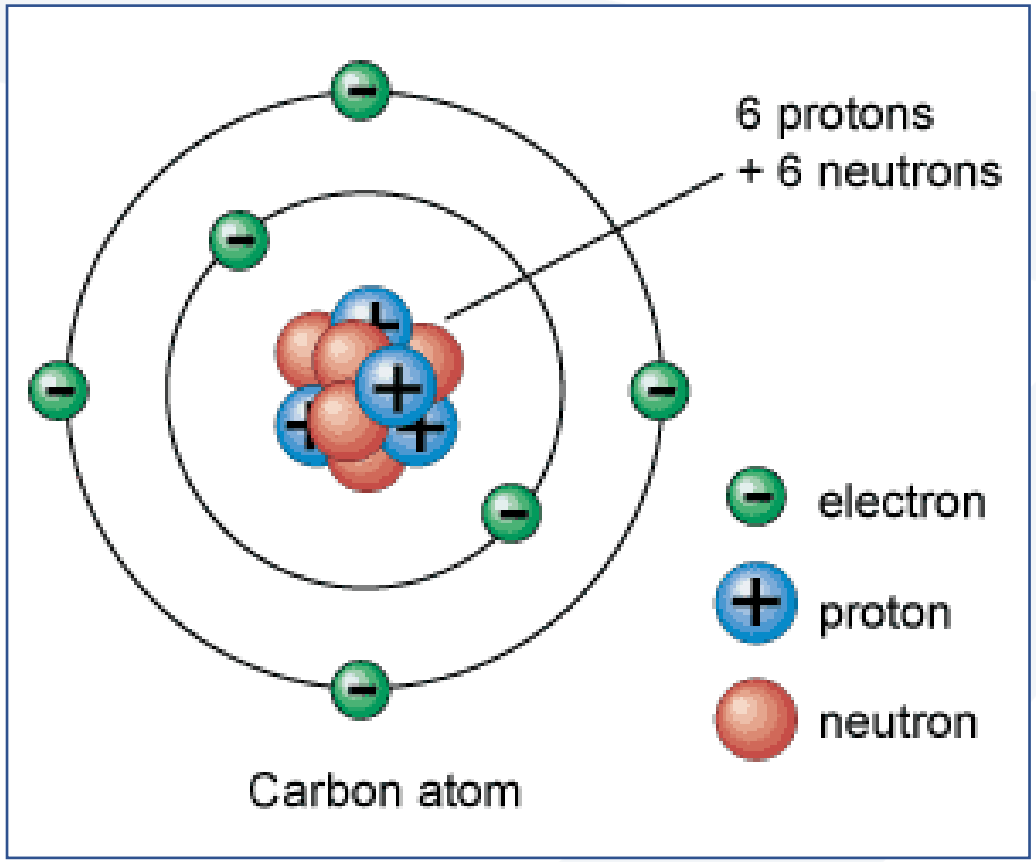
ضوء عادي

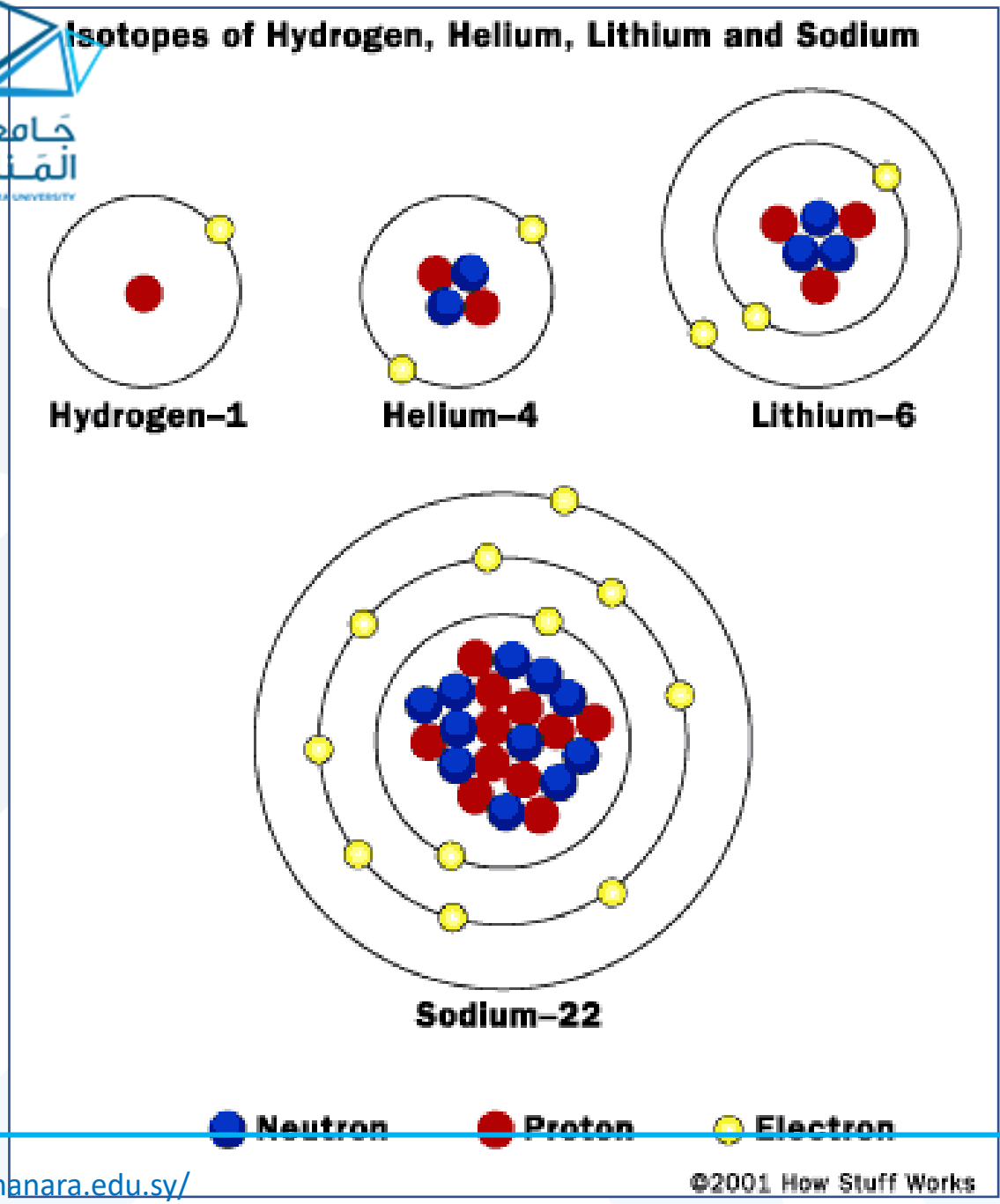
الليزر



مقدمة فيزيائية

- يمكن توضيح نظرية إنتاج أشعة الليزر بسهولة ويسر إذا أخذنا في الاعتبار تركيب الذرة.
- حيث تدور الالكترونات حول النواة في مسارات محددة وكل مسار يتمتع بطاقة محددة.
- عندما يحدث تحريض للإلكترونات بتعريضها لطاقة حرارية او كهربائية تمر الالكترونات من المسار القريب إلى المسار الأبعد ذو الطاقة الأكبر وهذه العملية تستهلك الطاقة .
- عندما يوجد مستويي طاقة, فإن قوانين الترموديناميك تفرض إن رجوع الالكترونات إلى مسارها الأصلي يحرر الطاقة المكتسبة على شكل فوتونات مُشكلاً إشعاع ضوئي.


6 protons
+ 6 neutrons
electron
proton
neutron
Carbon atom


Isotopes of Hydrogen, Helium, Lithium and Sodium
Hydrogen–1
Helium–4
Lithium–6
Sodium–22
Neutron
Proton
Electron
©2001 How Stuff Works

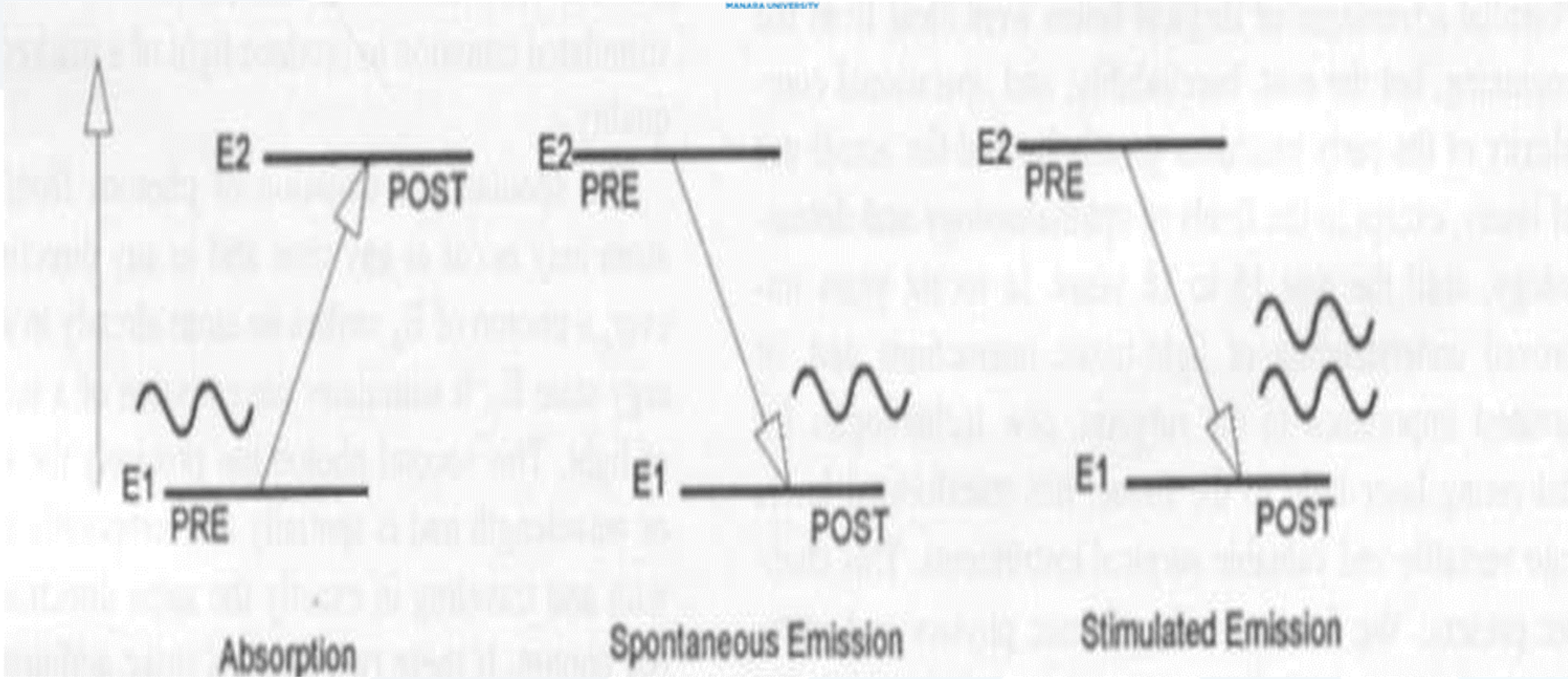
نظرية أينشتين حول إصدار الأشعة

- في عام 1916، أوضح "أينشتين" أن الأشعاع يمكن أن يتم بإحدى الطريقتين:
- الاشعاع العفوي(التلقائي) Spontaneous Emission
وفيه تنتقل الذرة من المنسوب الأعلى E2 إلى المنسوب الأدنى E1 تلقائياً، دون تدخل خارجي.
- الاشعاع التلقائي هو السمة المميزة لجميع المصادر الضوئية المألوفة كالمصابيح التي تعتمد على المواد القابلة للاشتعال (المحروقات)،أو المصابيح الكهربائية، وفي كل منها تحدث ملايين الانتقالات التلقائية، نظراً لأن الانتقال التلقائي للذرات يحدث بدون تحكم فإن الضوء المنبعث تكون فوتوناته غير مترابطة.

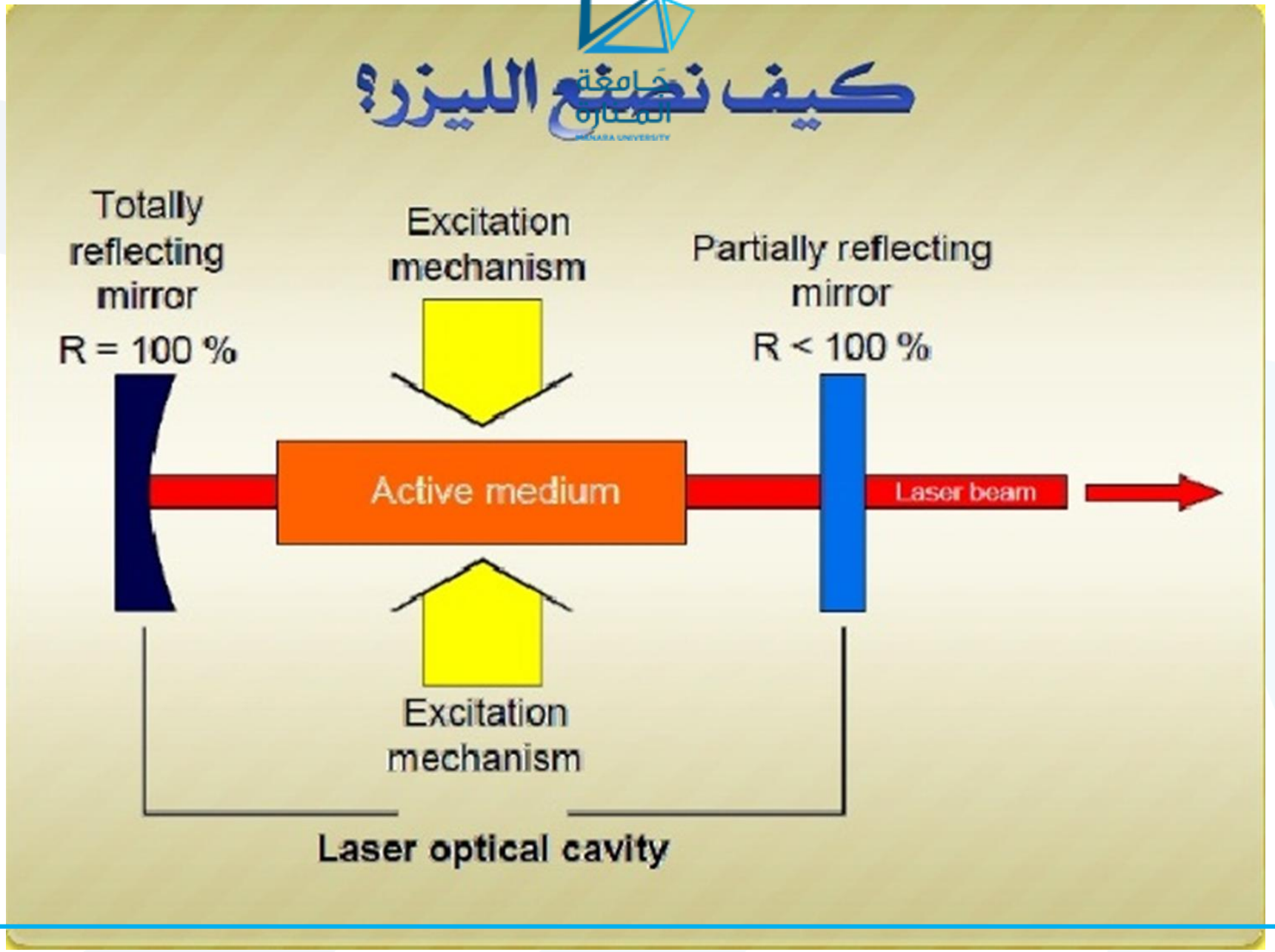
جامعة المنارة
https://manara.edu.sy/

نظرية أينشتين حول إصدار الأشعة

- الأشعاع المحرض Stimulated Emission
وفيه تنتقل الإلكترونات، تحت تأثير التحريض، من المنسوب الأعلى E2 إلى المنسوب الأدنى E1 مُطلقةً فوتوناً طاقته تعادل الفرق بين منسوبي الطاقة لينتج عن ذلك فوتون جديد.
- عندما يصطدم الفوتون الناتج بذرة أخرى فأن ذلك يحفز اطلاق فوتون جديد يملك نفس طاقة الفوتون الأول وينتقل بنفس الأتجاه, وعندما يصدم بدوره ذرة أخرى محفزة فأنه يولد فوتون جديد وهكذا تستمر هذه العملية لإنتاج عدد لا متناهي من الفوتونات.
- تتم هذه العملية ضمن اوساط خاصة للتحريض تكون محاطة بسطوح عاكسة لتجميع الاشعاعات الضوئية وتقويتها وتركيزها وتنظمها بطول موجي واحد مُشكلةً الإشعاع المحرض وهي التي تفسر اصدار أشعة الليزر.
- أشعة الليزر تكون ذات أمواجٍ ضوئية وحيدة اللون Monochromatic (وحيدة الطول الموجي بعكس الضوء العادي) وتتراوح اطوال الأمواج الليزرية المستخدمة في طب الاسنان بين 488 و 10600 نانومتر.


E2
POST
E1
PRE
Absorption
E2
PRE
E1
POST
Spontaneous Emission
E2
PRE
E1
POST
Stimulated Emission

كيف نصنع الليزر؟

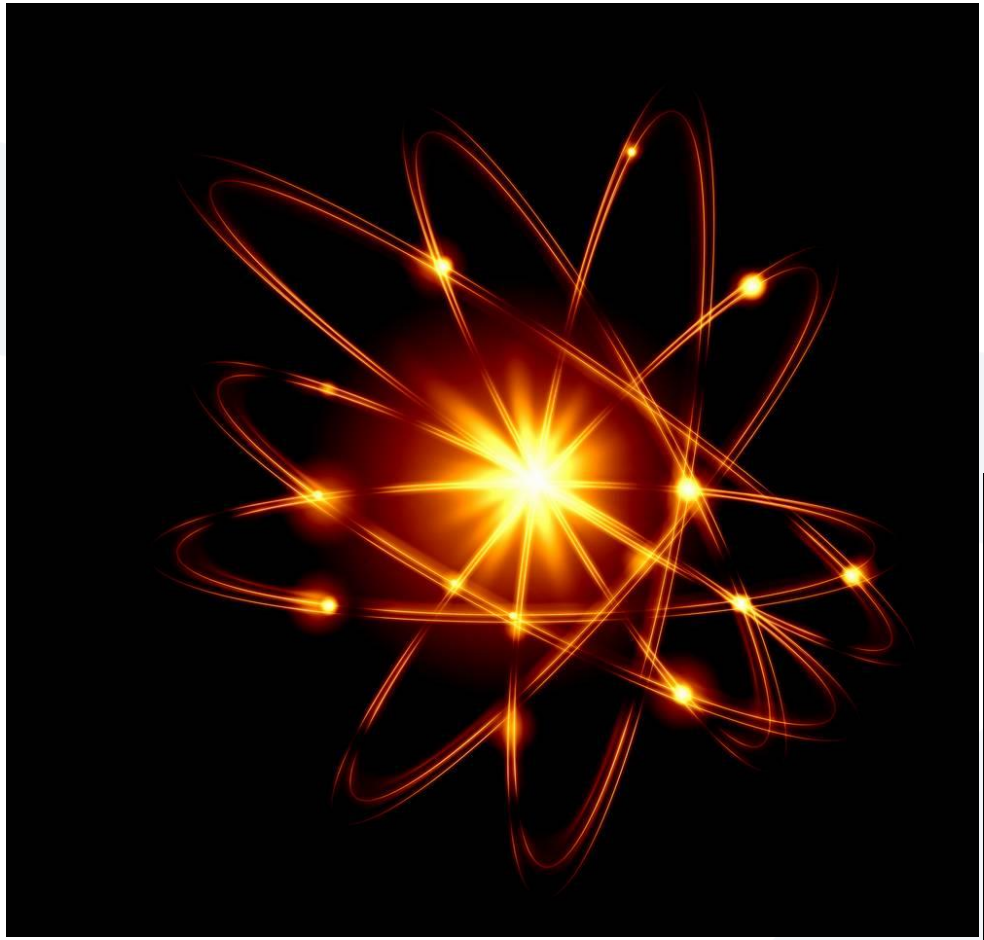


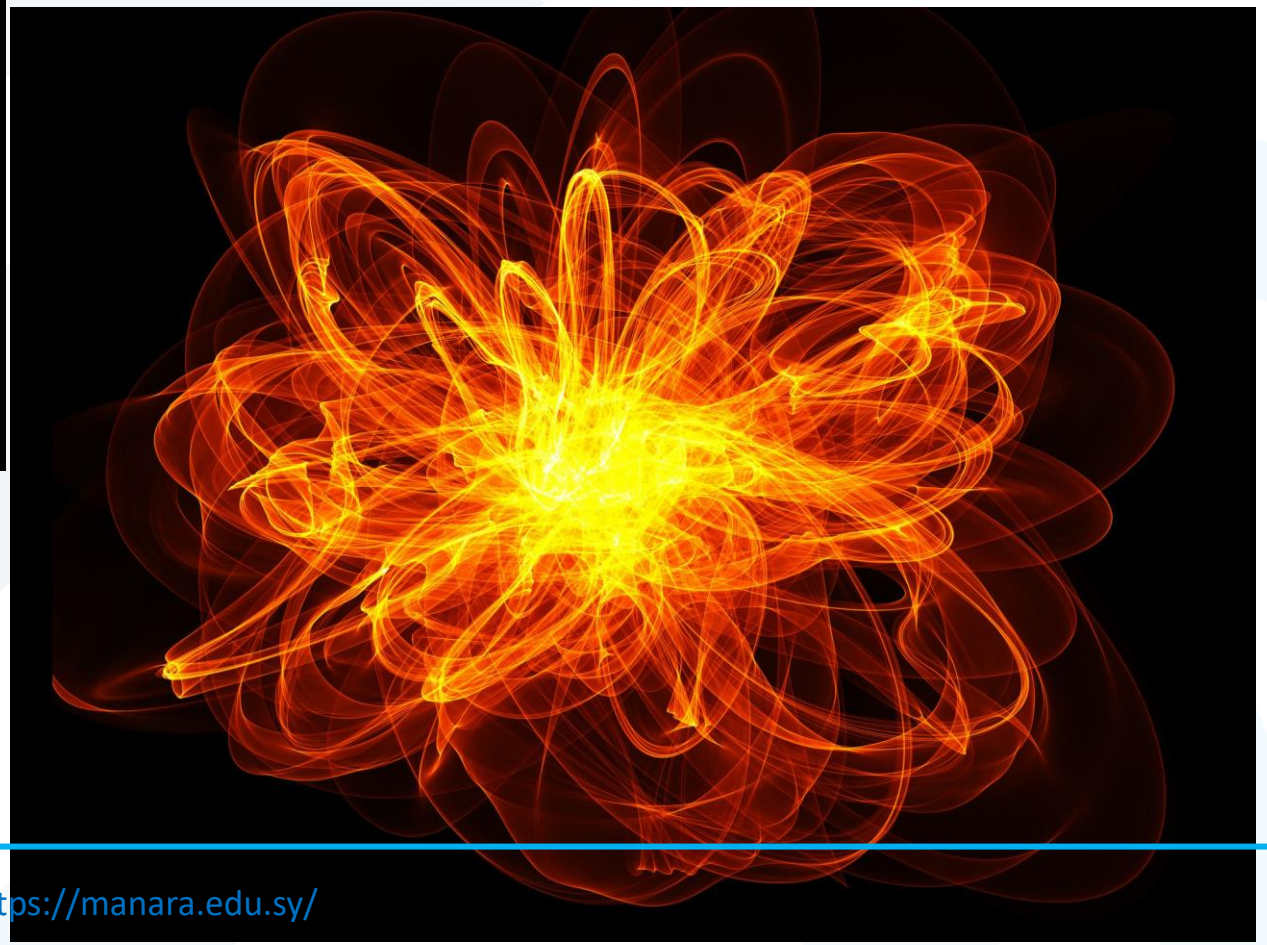
آلية الحصول على الأشعة الليزرية

❑ يتم الحصول على الأشعة الليزرية على الشكل التالي:

- تحريض الالكترونات على التحرر من مداراتها والاصطدام بالنواة المثارة ومن ثم العودة إلى مداراتها.
- تصادم الالكترونات العائدة مع المتحررة ومع النواة، ومع ذرات أخرى... .

❖ هذه العملية تؤدي إلى تحرر كمية كبيرة من الطاقة على شكل فوتونات والتي تصدم الذرات الأخرى وتؤدي إلى إثارتها وتحرر الالكترونات منها مع تحرر كميات جديدة من الفوتونات ..... وهكذا وفي أجزاء من المليون من الثانية يتحرر كم هائل من الفوتونات عشوائية الحركة.



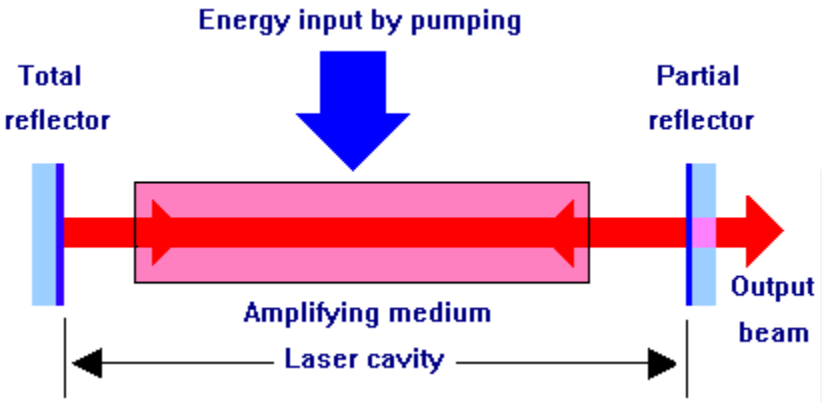


آلية الحصول على الأشعة الليزرية

- الرنانة الضوئية Optical resonator :

التي تحوي على مرآة عاكسة بشكل كامل ومرآة نصف عاكسة وناقلة.

تقوم الرنانة بجعل الفوتونات تهتز ذهاباً وإياباً ضمن المادة الفعالة لزيادة عددها وطاقتها وتنظمها في حزمة ضيقة ذات طول وتواتر موجي واحد وعندما تصل إلى حد من الطاقة تنطلق عبر المرآة العاكسة جزئياً على شكل حزمة شعاعية تسمى الأشعة الليزرية.

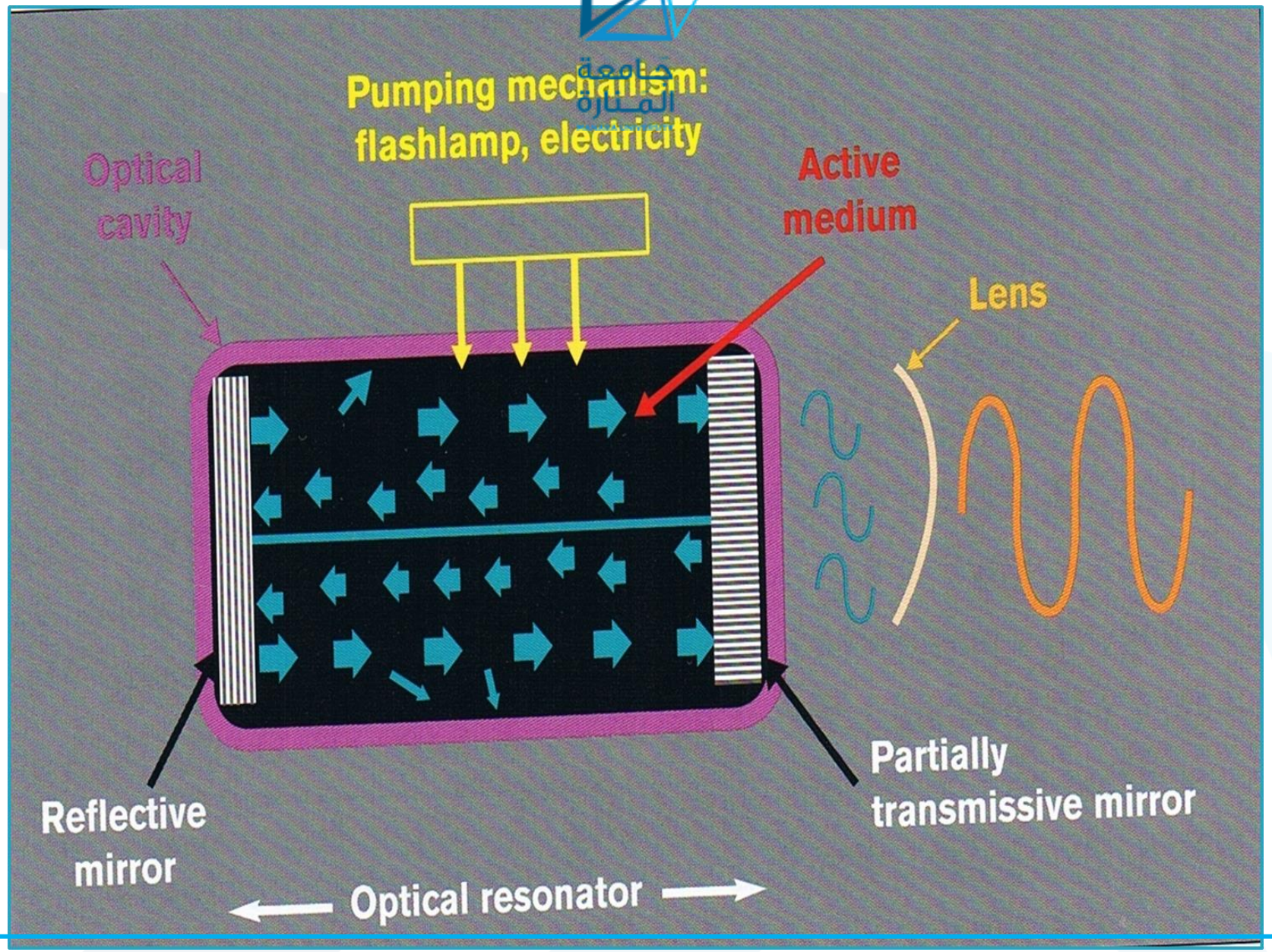


- أي جهاز ليزر يجب أن تتوفر فيه العناصر التالية:

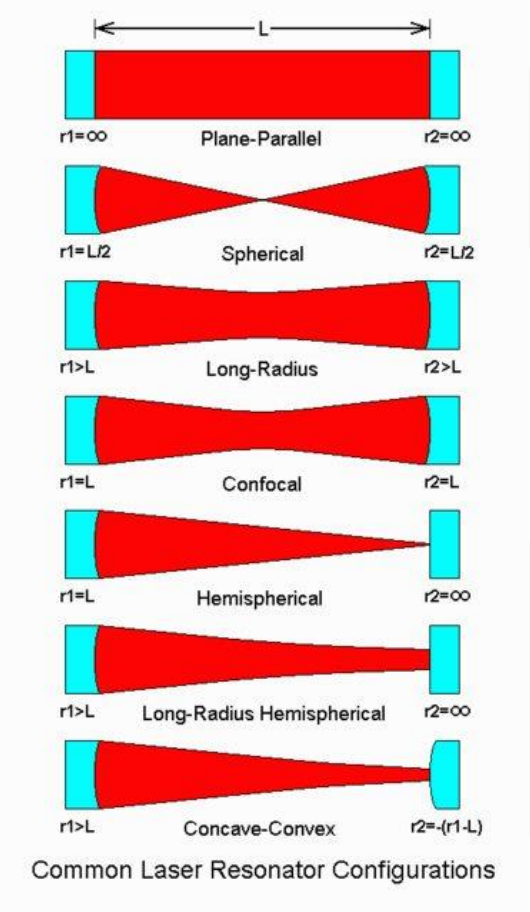
✓ المادة الفعالة (وسط الليزر الفعال).

✓جملة التضخيم الضوئي.

✓ جملة ضخ الطاقة.

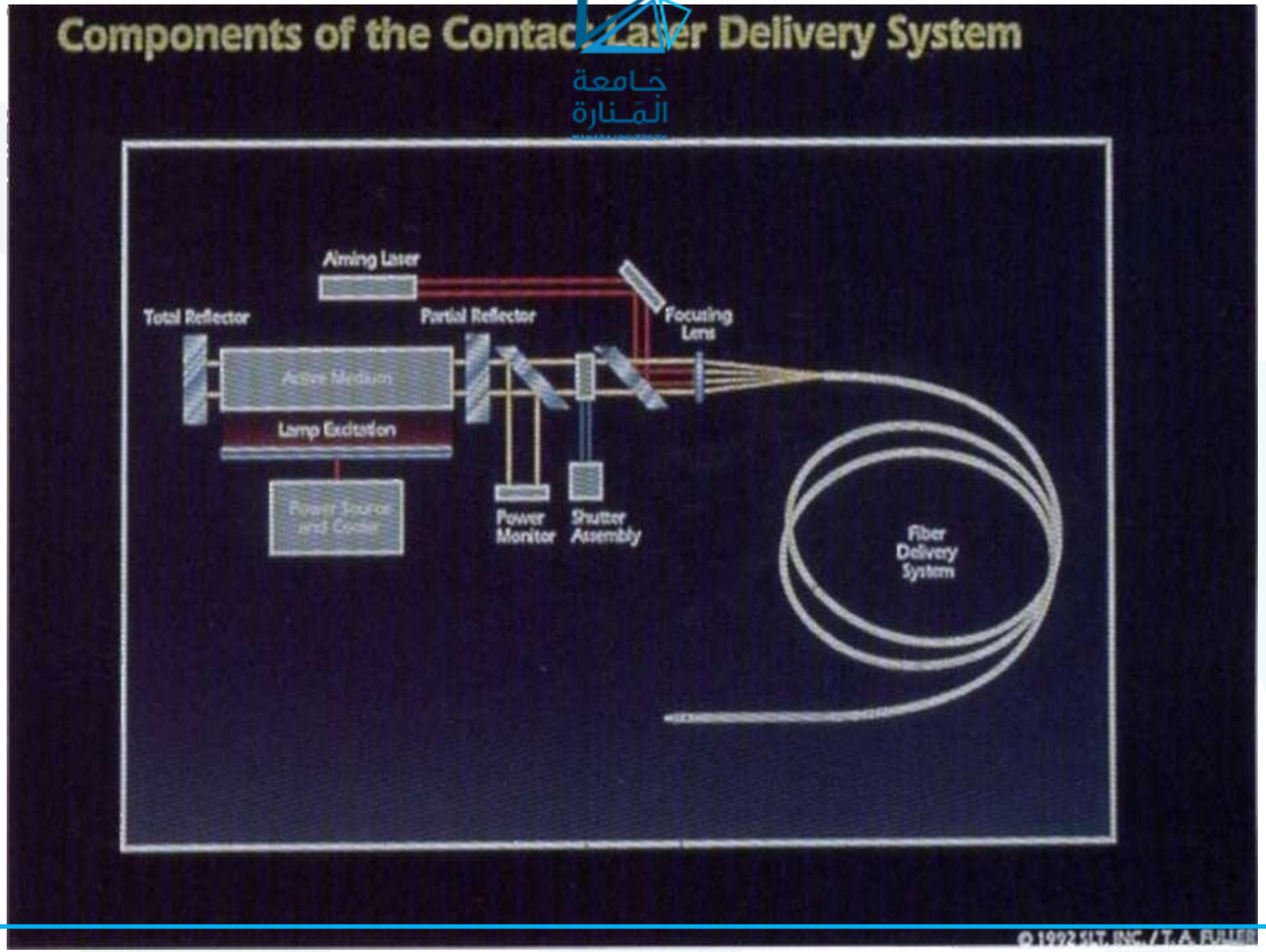

Pumping mechanism:
flashlamp, electricity
Optical
cavity
Active
medium
Lens
Reflective
mirror
Partially
transmissive mirror
Optical resonator

أشكال المرنانة الضوئية



Common Laser Resonator Configurations

جامعة
المنارة



Ruby Laser

مكونات ليزر الياقوت

ليزر الياقوت Ruby Laser

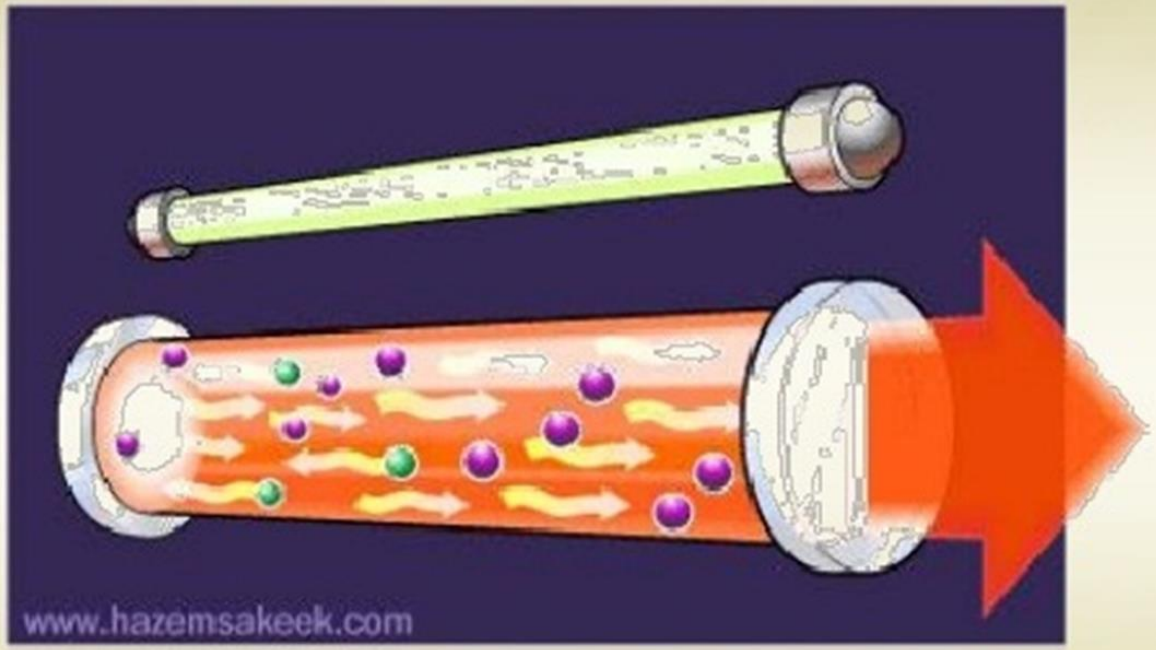
Ruby Laser

إثارة الذرات في بلورة الياقوت باستخدام ضوء فلاش ذو طاقة عالية

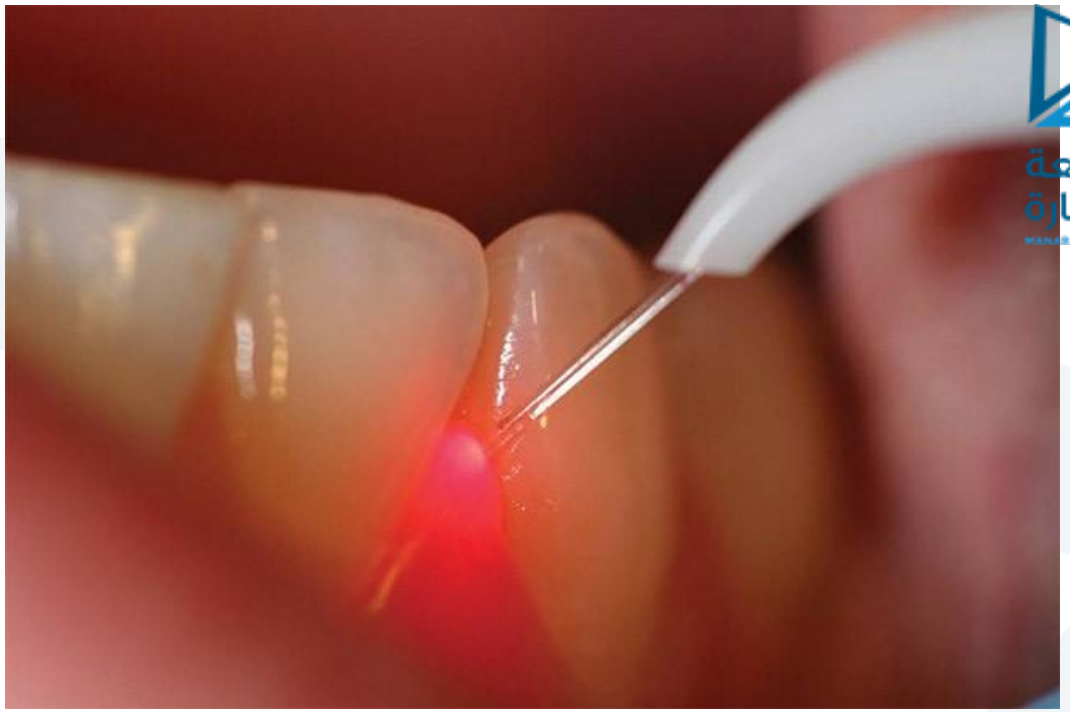
Ruby Laser

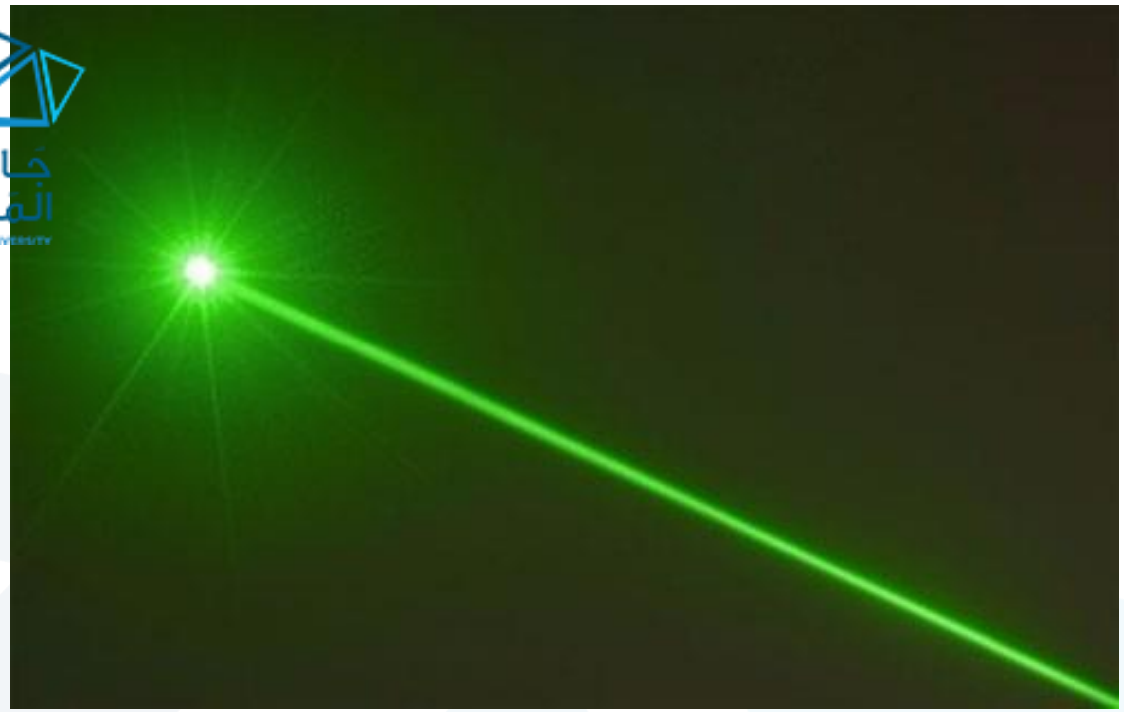
تطلق بعض الذرات فوتونات

Ruby Laser



فوتونات بطول موجي واحد وفي نفس الطور ومتجمعة في حزمة تعبر من المرآة لتعطي ضوء الليزر





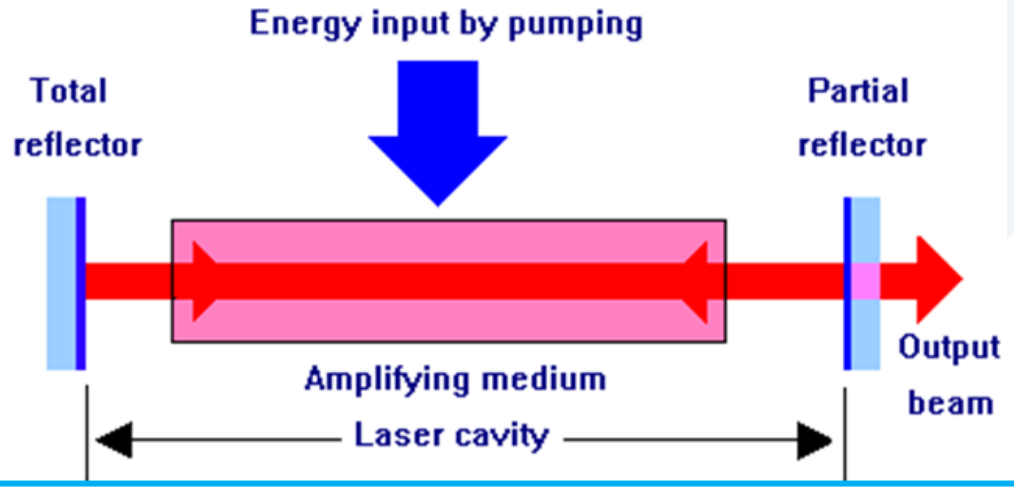
مكونات جهاز الليزر الأساسية

- يتألف جهاز الليزر من مكونات رئيسية بسيطة أهمها :
  - وسط الليزر الفعال ***active lasing medium*** (وسط مضخم للضوء).
  - وهو قد يكون وسط صلب أو سائل أو غازي, ويكون موجود ضمن تجويف ***laser cavity*** محاط بمرآتين عاكستين متوازيتين, ولتوليد الاشعاع العالي الطاقة لا بد من

وجود مصدر للطاقة ***pump***

source يتصل بالوسط الفعال

وغالبا ما يتمثل بشحنة كهربائية.

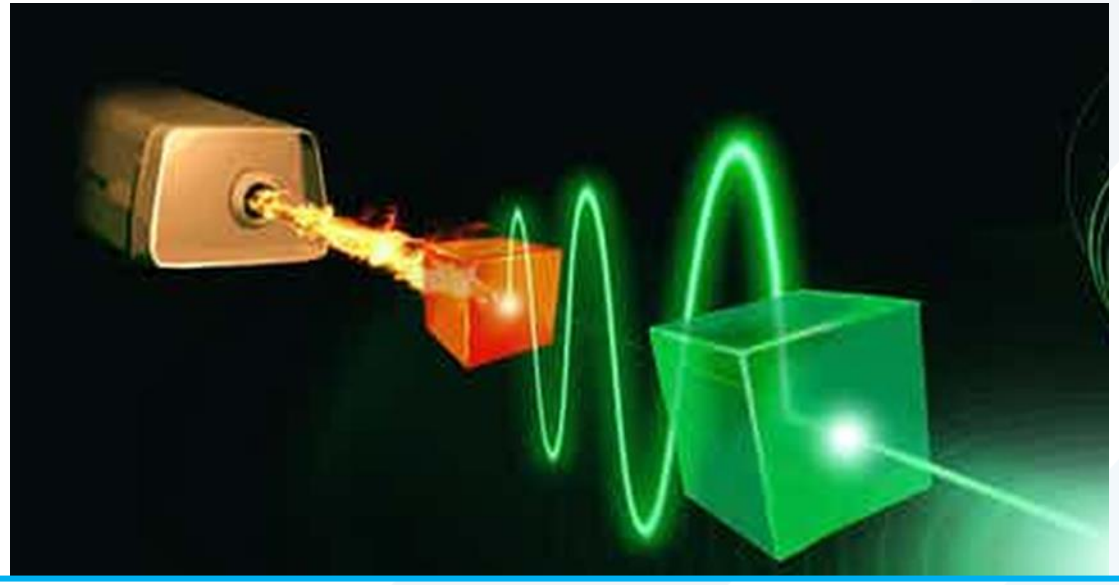


مكونات جهاز الليزر الأساسية

- جملة التضخيم الضوئي (المرنانة الضوئية).
- يتم أمتصاص الطاقة من قبل الوسط الفعال حتى تصبح معظم الذرات في هذا الوسط في حالة مثارة (طاقة عالية), وهذه الحالة ضرورية لتوليد شعاع الليزر وفق الآلية الفيزيائية السابقة.
- عند ذلك تعمل المرآتان على توجيه حزم الفوتونات وفق المحور الطولي للأنبوب لتستمر بالأنتقال بين المرآتين والذي بدوره يحفز

انبعاث مزيد من الفوتونات (تضخيم الضوء) في الاتجاه المحوري.

- على اعتبار أن احدى المرآتين (الأمامية) تكون عاكسة بشكل جزئي ***partially reflective*** فهي تسمح لجزء من الضوء بالخروج من هذا الوسط وتشكيل شعاع الليزر.



مكونات جهاز الليزر الأساسية

- جملة ضخ الطاقة (وسائط نقل الطاقة):
- هي مجموعة الأدوات والوسائل التي يتم من خلالها نقل الشعاع الليزري إلى المنطقة الهدف.

✓ أنابيب معدنية تحتوي على مرايا عاكسة.

✓ الياف ضوئية

أجهزة الليزر

- في عام 1960 اعتمد العالم Maiman على نظرية اينشتاين السابقة ليقوم بصناعة أول جهاز ليزر معد للاستخدامات الطبية وهو ليزر الياقوت الذي كان اول استخدام له في 1963 لمعالجة الآفات الصباغية للجلد pigmented dermatologic lesions وكذلك في الجراحة العينية.
- تبعه بعدة سنوات اكتشاف انواع أخرى من الليزر أهمها ليزر CO2 وليزر الأراغون وليزر (Nd:YAG) والتي بقيت اكثر انواع الليزر استخداما في المجال الطبي.
- بينما تم ادخال الليزر الي مجال جراحة الفم والوجه والفكين في السبعينات ولكن لعدم موثوقية استخدامه في البداية ولتكاليفه العالية فأنه تأخر انتشاره الواسع حتى السنوات الأخيرة بعد الفهم الدقيق لآليات عمله وابتكار تقنيات حديثة سهلة الأستخدام , ليصبح مؤخرا أداة جراحية هامة تستخدم بشكل واسع في مجالات عديدة في طب الاسنان وجراحة الوجه والفكين.
- وعندها سُمي الشعاع الليزري ب المشرط رقم 1 (Scalpel n 1).

SOLEA