الفصل التاسع
أنواع الليزرات وخصائصها

Lasers & Characteristics

أهداف هذا الفصل

- التعرف على مبدأ الليزر
- التعرف على خصائص الليزر
- التعرف على أهم الليزرات على الساحة الحيوية
- التعرف على المفعول الرئيسي المرتبط بكل ليزر
- آليات تفاعل النسج مع ضوء الليزر

LASER

- إن كلمة ليزر LASER منحوتة من العبارة:

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
التي تعني تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للإشعاع

- الميزرR+mw maser
- فعل "to lase"
- الليزر الذري atom laser "منبع الذرات الموجودة في حالة مترابطة.

خصائص ضوء الليزر

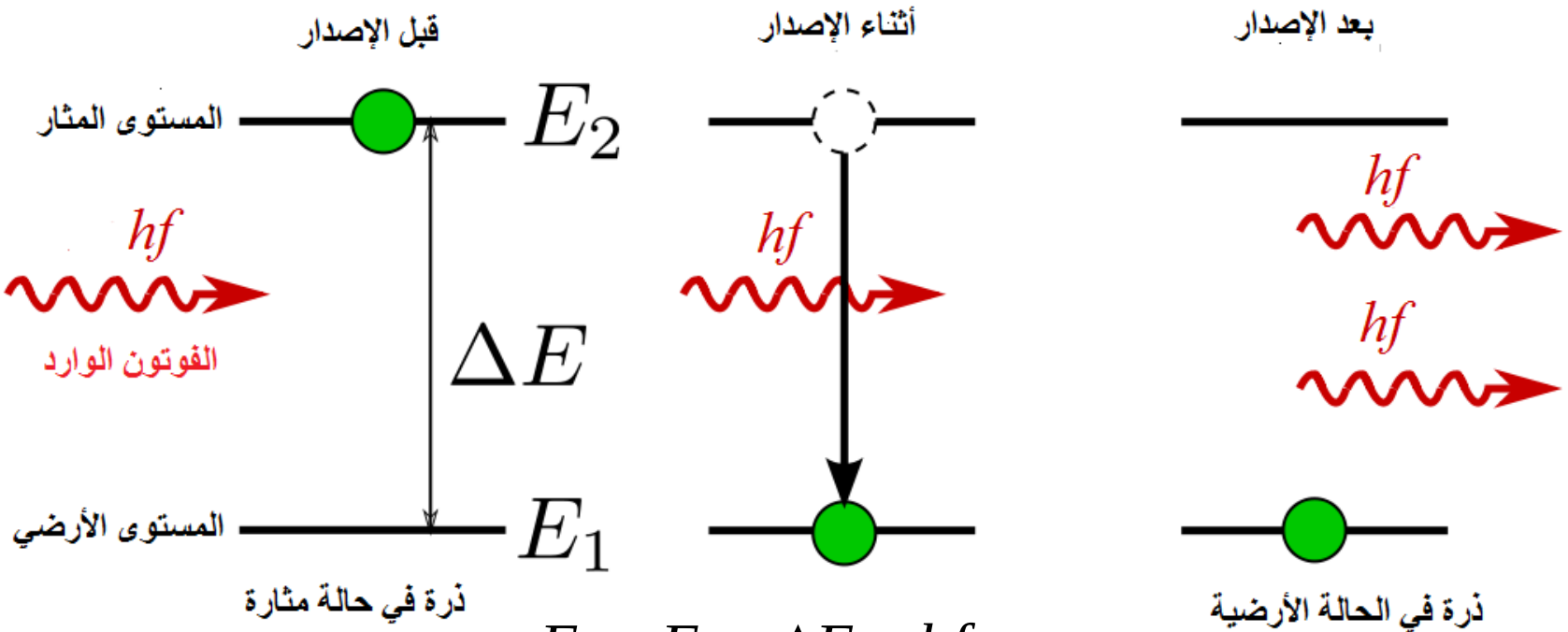
- يَصدُر ضوء الليزر في حزمة ضيقة ضعيفة التباعد مترابطة مكانياً، يمكن تداولها بعدسات.
- الضوء المترابط "coherent light" في تقانة الليزر

خصائص ضوء الليزر

- إن ضوء الليزر عموماً هو ضوء أحادي اللون monochromatic light.

- ضيق الطيف الكهرطيسي حول أطواله الموجية

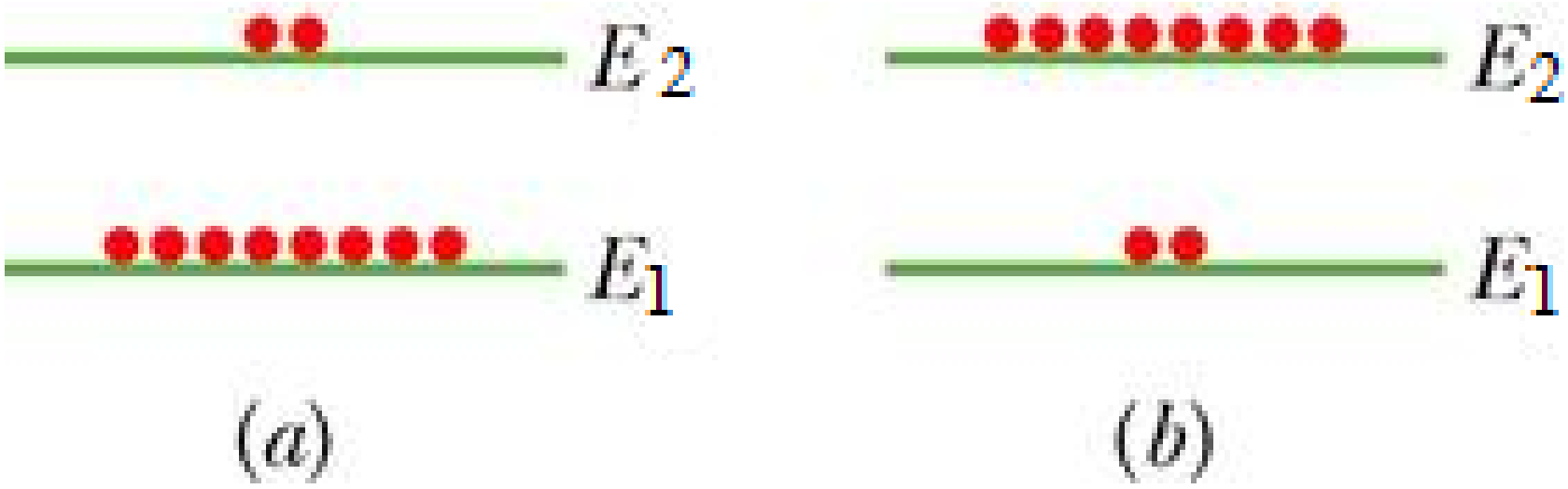
المبدأ الأساسي لإصدار ضوء الليزر



$$E_2 - E_1 = \Delta E = hf$$

مبدأ الإصدار المحثوث

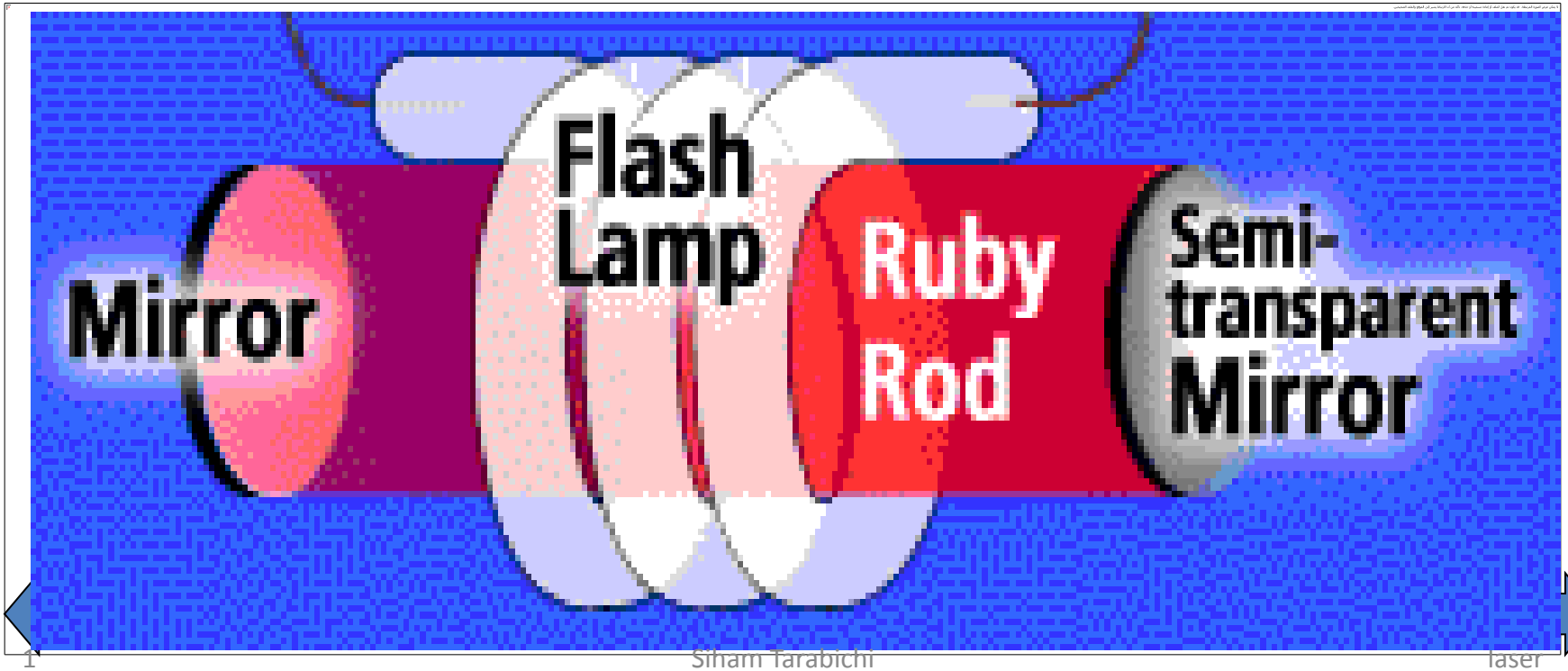
انقلاب التوزع الإسكاني



(a) توزع الذرات التوازني بين الحالة المثارة والحالة الأرضية بفعل التهيج الحراري (b) انقلاب توزع الذرات بطريقة معينة.

عناصر الليزر

1. الوسط الفعال 2. المضخة 3. حجرة التجاوب



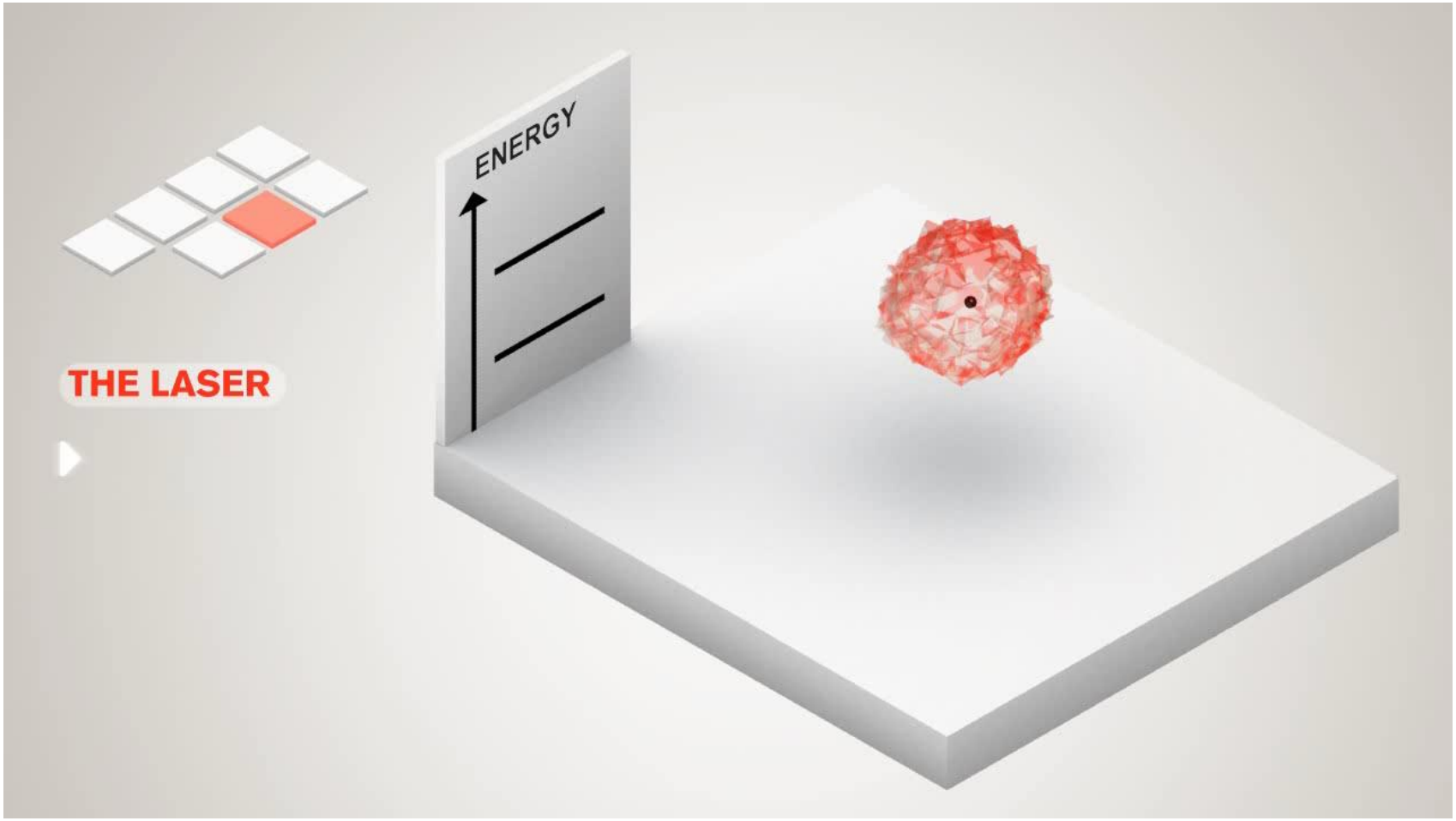
مبدأ وشروط الليزر

- في الفيزياء الكمومية، تبدي طاقة الذرة مستويات متقطعة. فإذا أثيرت الذرة ترتفع طاقتها فجأة إلى المستوى الأعلى.
- إذا أرسل فوتون (حبة ضوئية) طاقته مناسبة إلى ذرة مثارة، تسقط الذرة على طاقتها الأخفض وتصدر فوتوناً آخر مطابقاً للأول.

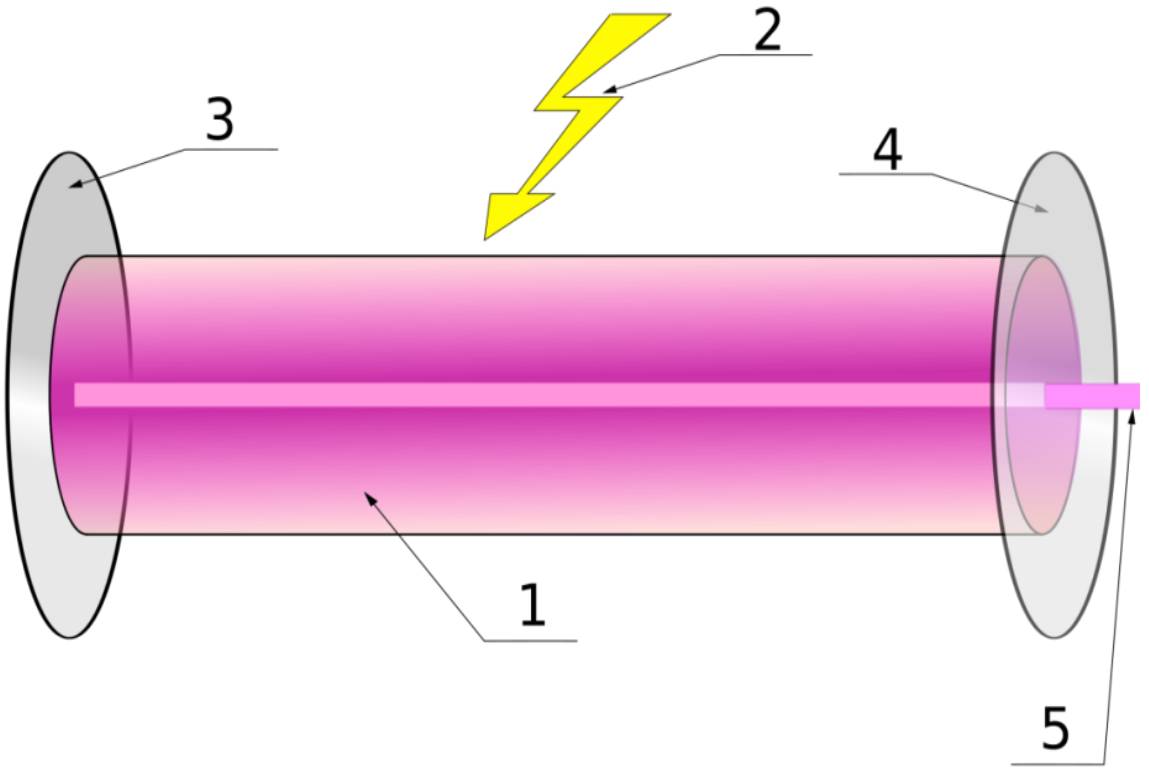
مبدأ وشروط الليزرة

- توضع الذرات المثارة في الليزر بين مرآتين. يحرض فوتون أول ذرة معينة فتصدر فوتوناً آخر وتستمر كذلك بفضل المرآتين.
- الفوتونات الناتجة متماثلة. لها الطاقة نفسها التي تعطيها اللون نفسه واتجاها وحيداً. هذا مبدأ عمل الليزر

الليزر مترابط

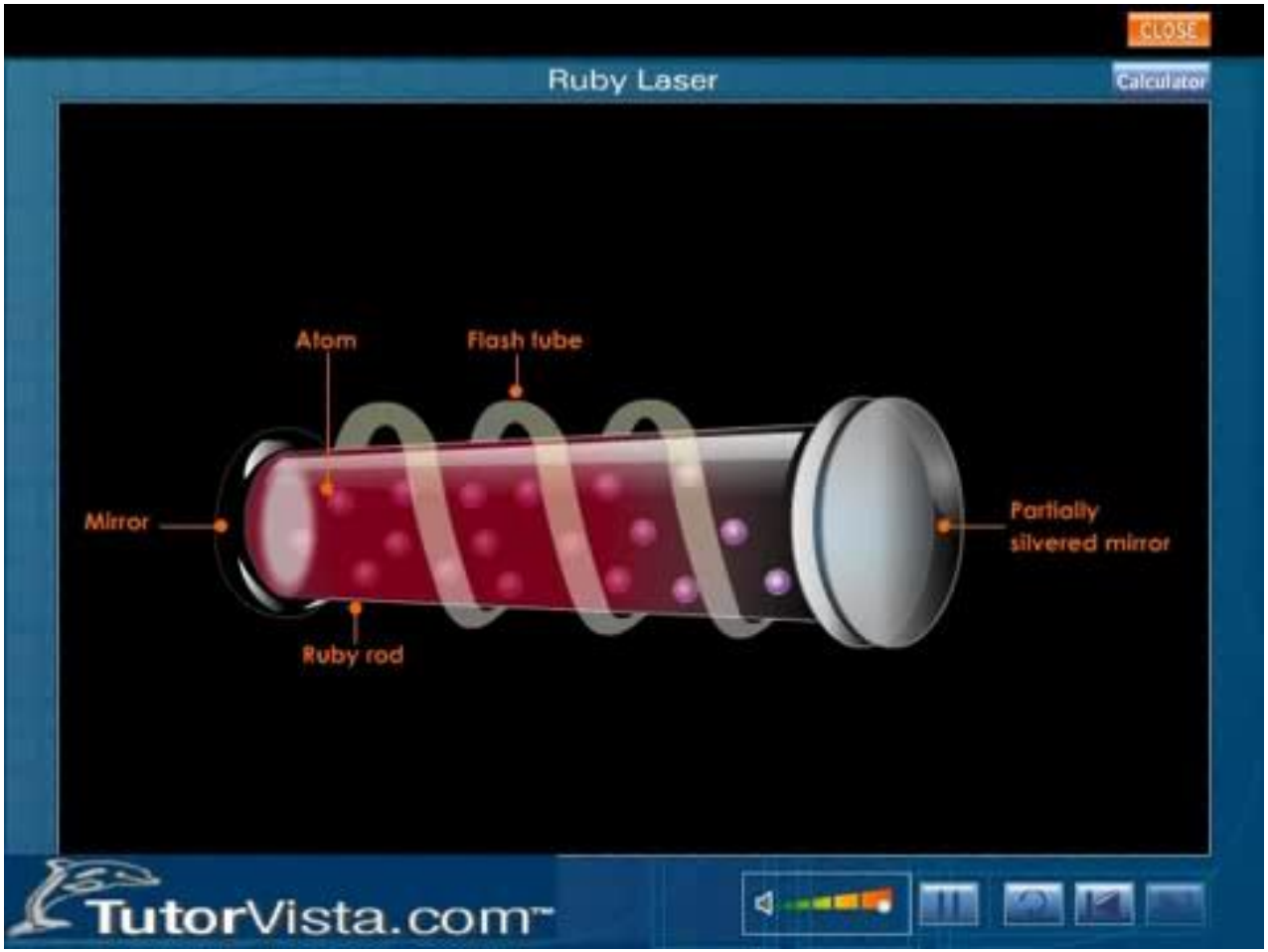


أحد أنواع الليزر (ليزر غازي)

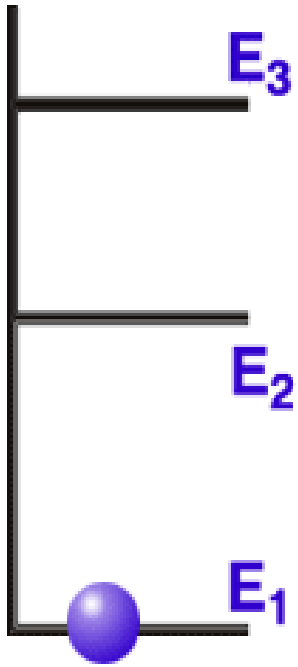


1) وسط الربح، 2) طاقة ضخ الليزر، 3) عاكس شديد ، 4) قارن الخرج ، 5)حزمة الليزر.

ليزر الياقوت

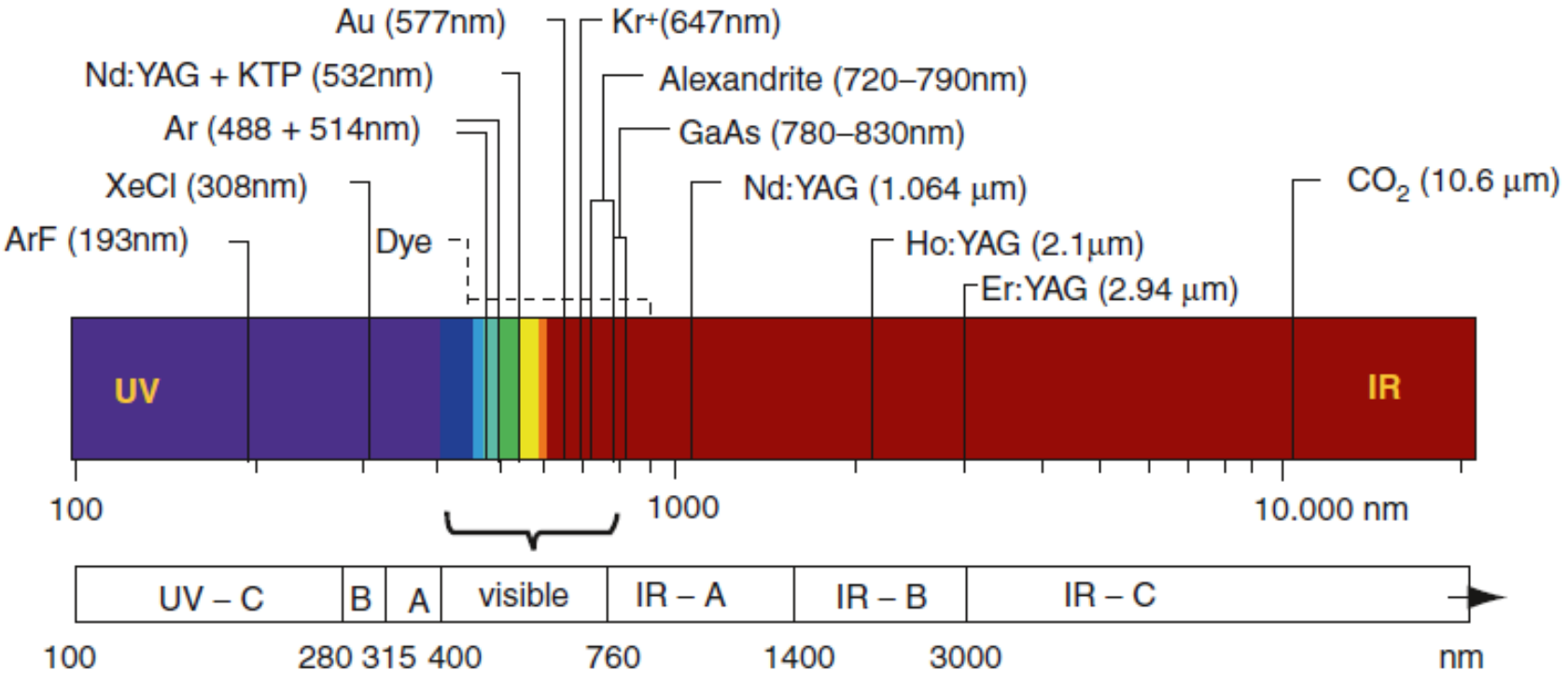


شكل تخطيطي لإصدار إشعاع الليزر



الإصدار المحثوث للإشعاع في الوسط الفعال

أنواع الليزر



الأطوال الموجية لأنواع الليزر الطبية. تظهر في الشكل أنواع الليزر بخطوطها المميزة أعلى محور الأطوال الموجية، فيما تظهر في أسفل المحور أنواع الليزر التي يمكنها أن تصدر في مجال من الأطوال الموجية.

الليزرات الغازية

- **ليزر الهليوم-نيون** helium-neon laser (HeNe) عند عدد كبير من الأطوال الموجية. والليزرات التي تعمل عند الطول الموجي 633 nm كثيرة الشيوع في التربية لانخفاض تكلفتها. وتستخدم في المعالجة كبديل عن الإبر الصينية

- **ليزرات غاز ثاني أكسيد الكربون Carbon dioxide lasers.** 9.6 µm و 10.6 µm.

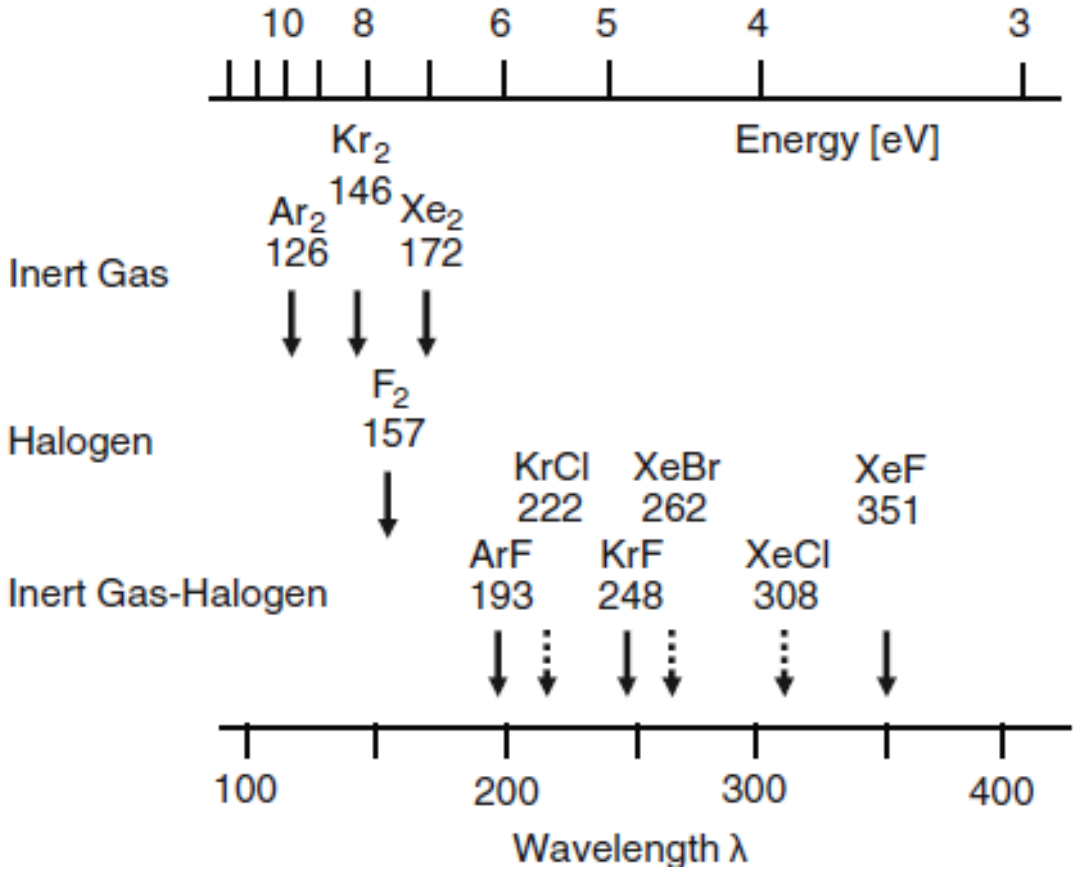
الليزرات الغازية

- **ليزرات الأرغون الإيوني** التي تصدر في المجال 351- 528.7 nm، ولو أن أكثر الخطوط شيوعاً 458 nm و 488 nm و514.5 nm. يستخدم في لحم الشبكية بالمشيمية لدى المصابين بداء السكري.
- **ليزر النتروجين** يولد الضوء فوق البنفسجي عند الطول الموجي 337.1 nm .
- **ليزرات الأيونات المعدنية** ليزرات غازية تولد الأطوال الموجية فوق البنفسجية البعيدة

الليزرات الغازية: ليزر الإكسايمر

- ليزر الإكسايمر excimer laser هو أحد أشكال الليزرات فوق البنفسجية.
- excited dimer
- ليزر الإكسايمر يجمع في الحالة النموذجية بين غاز خامل وغاز فعال

الليزرات الغازية: ليزر الإكسايمر



الأطوال الموجية لليزرات الأكسايمر.

الليزرات الغازية: خواص وأهمية ليزر الإكسايمر

- ارتفاع استطاعة هذه الليزرات يجعلها مفيدة في الجراحة (وخاصة جراحة العين بالليزك) وفي المعالجة الجلدية.

- إن ليزر الإكسايمر دقيق للغاية. يمكن تبئير حزمته في منطقة بصغر 0.25µm ويمكنه في كل مرة إزالة ثخانة بقدر 0.5% من عرض شعرة بشرية.

الليزرات الغازية: خواص وأهمية ليزر الإكسايمر

- المادة الحية والمركبات العضوية تمتص الضوء فوق البنفسجي الصادر من ليزر الإكسايمر بشكل جيد.
- يقدم ليزر الإكسايمر طاقة كافية للتداخل مع الروابط الجزيئية في النسيج السطحي الذي يتفكك بالاستئصال الضوئي laser ablation وليس بالحرق.

ليزرات الحالة الصلبة

1-ليزر الياقوت المحضر من الياقوت (أكسيد الألمنيوم corundom المشوب بالكروم).

- وظيفة

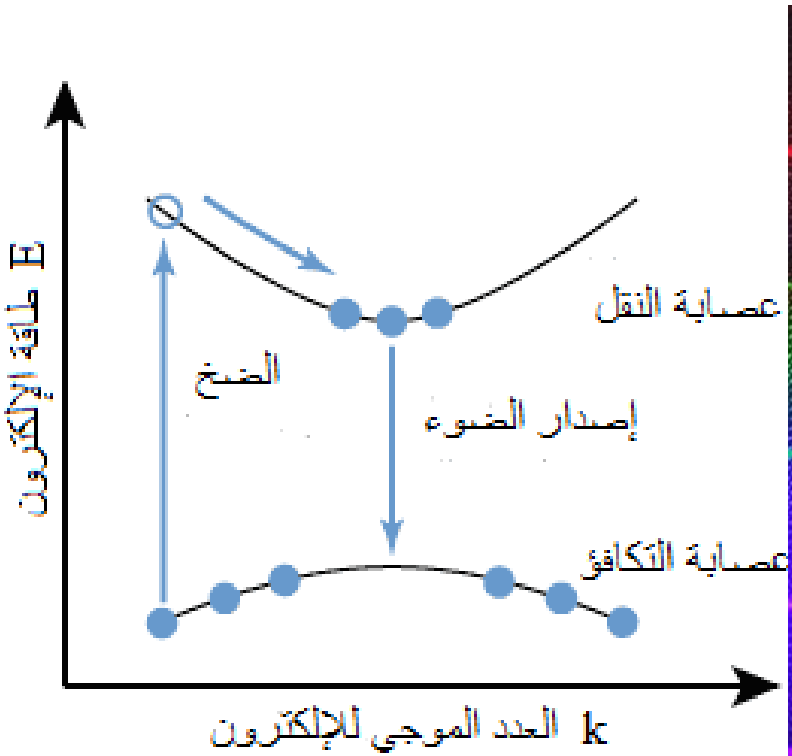
ليزرات الحالة الصلبة

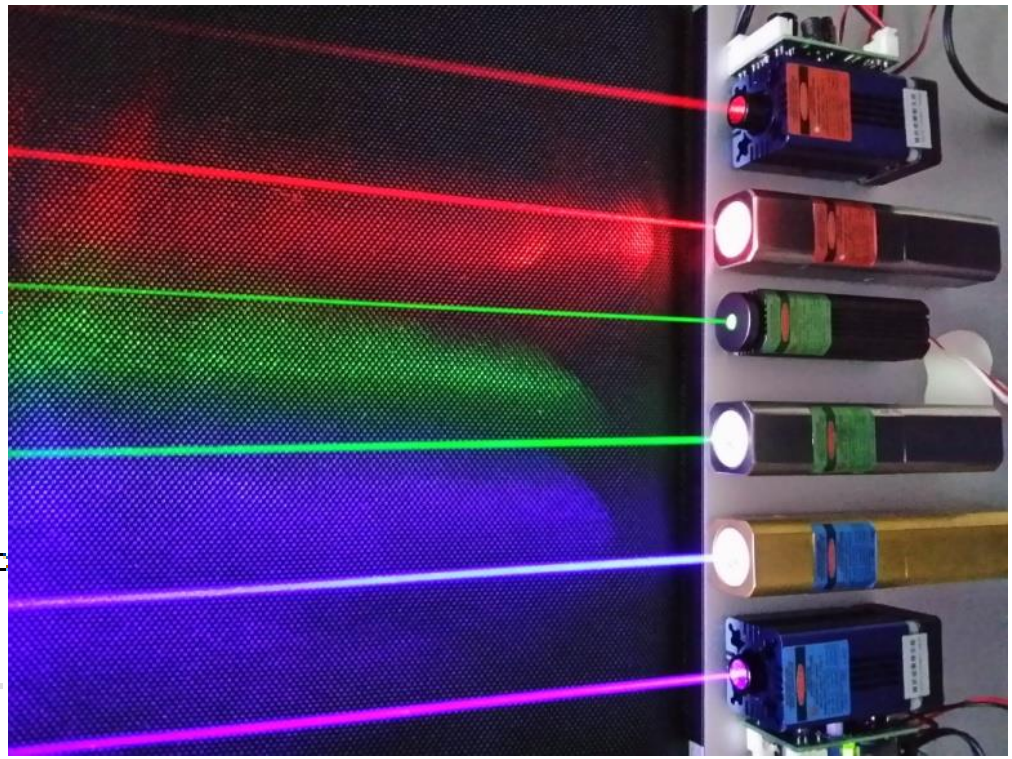
2-ليزر عقيق الإتريوم والألمنيوم المشوب بالنيوديوم Nd:YAG.

استخدامات ليزرات الحالة الصلبةNd:YAG

- القطع واللحام
- الرسم على المعادن والمواد الأخرى
- وفي المطيافية أيضاً
- وفي ضخ الليزرات الصباغية.
- مؤشرات اللون الأخضر.

الليزرات نصف الناقلة



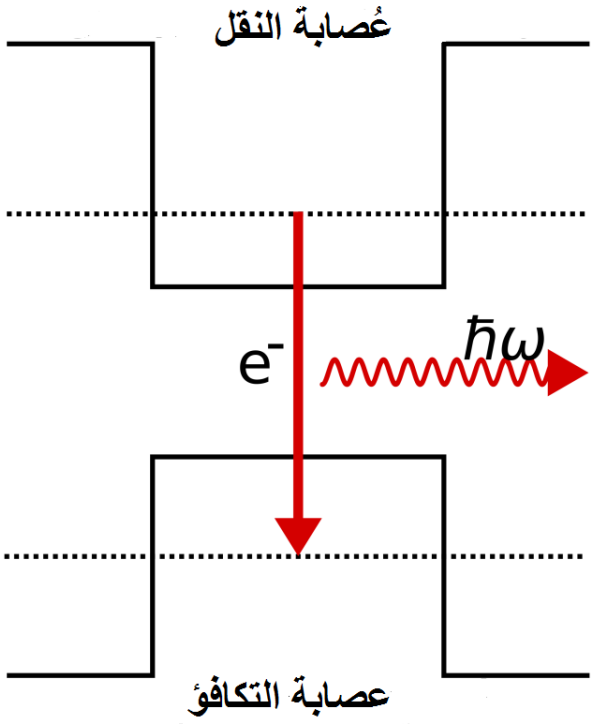


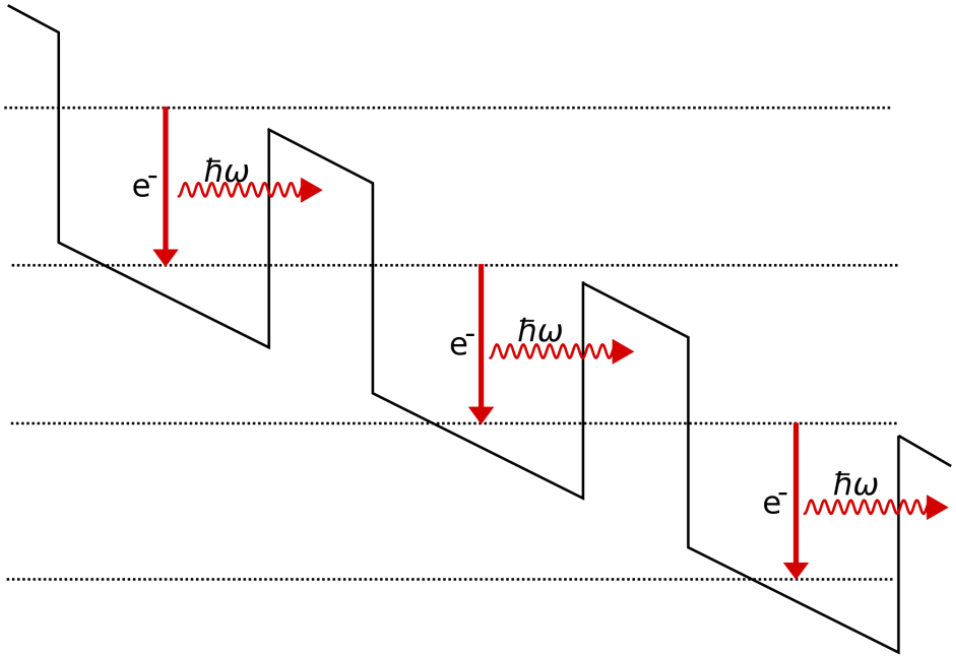
الليزرات نصف الناقلة من البرتقالي إلى البنفسجي 660 nm و635 nm و532 nm و520 nm و 445 nm و405 nm على الترتيب.

مجالات الليزرات نصف الناقلة واستخداماتها

- في مجال تحت الأحمر القريب
- الضوء الأحمر ويستخدم كمؤشرات
- الضوء الأخضر

ليزرات الشلال الكمومي
Quantum cascade lasers (QCLs)

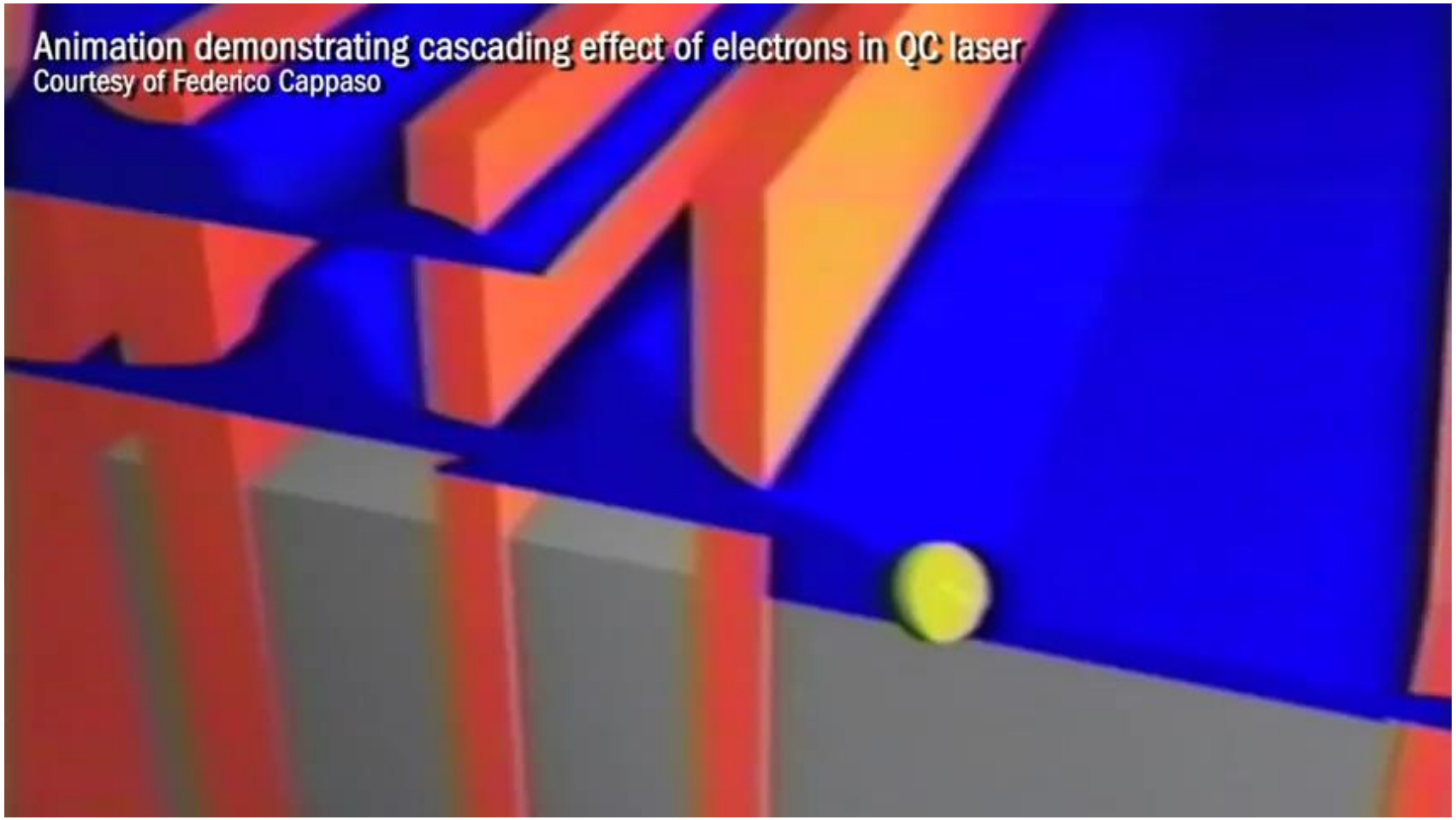




الانتقالات بين العصابات الإلكترونية الجزئية في ليزر الشلال الكمومي

لانتقالات بين العصابية في ليزرات نصف ناقلة تقليدية تصدر فوتوناً وحيداً.

ليزرات الشلال الكمومي
Quantum cascade lasers (QCLs)

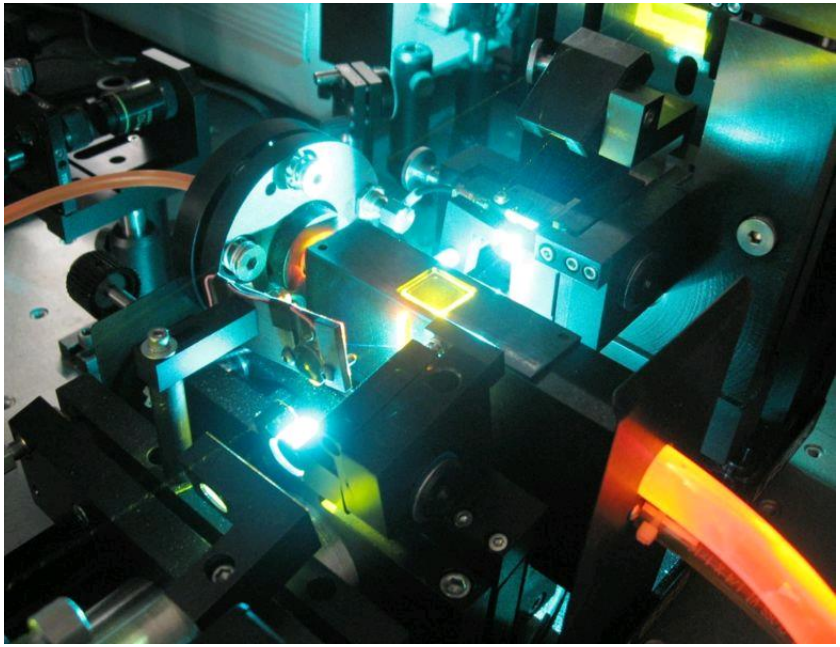


ليزرات الشلال الكمومي
Quantum cascade lasers (QCLs)

- الاستشعارعن بعد للغازات البيئية وملوثات الغلاف الجوي وفي أمان البلاد
- التشخيص الطبي كمحللات للنفس.
- مطيافية التيراهرتز في التعرف على الجزيئات الثقيلة المعقدة وتكميتها كالمواد الكيميائية السامة والمتفجرات والأدوية (راجع فصل التيراهرتز) .

الليزرات الصباغية Dye lasers

- من الليزرات السائلة
- تستخدم أصبغة عضوية منحلة في محلات عضوية كوسط ربح
- تضخ بليزر وتصدر الضوء بالفلورة



الليزرات الصباغية

- تسمح إمكانية اتساع مجال أطوالها الموجية:

- بمواءمتها بدقة مع خطوط امتصاص بعض النسج:

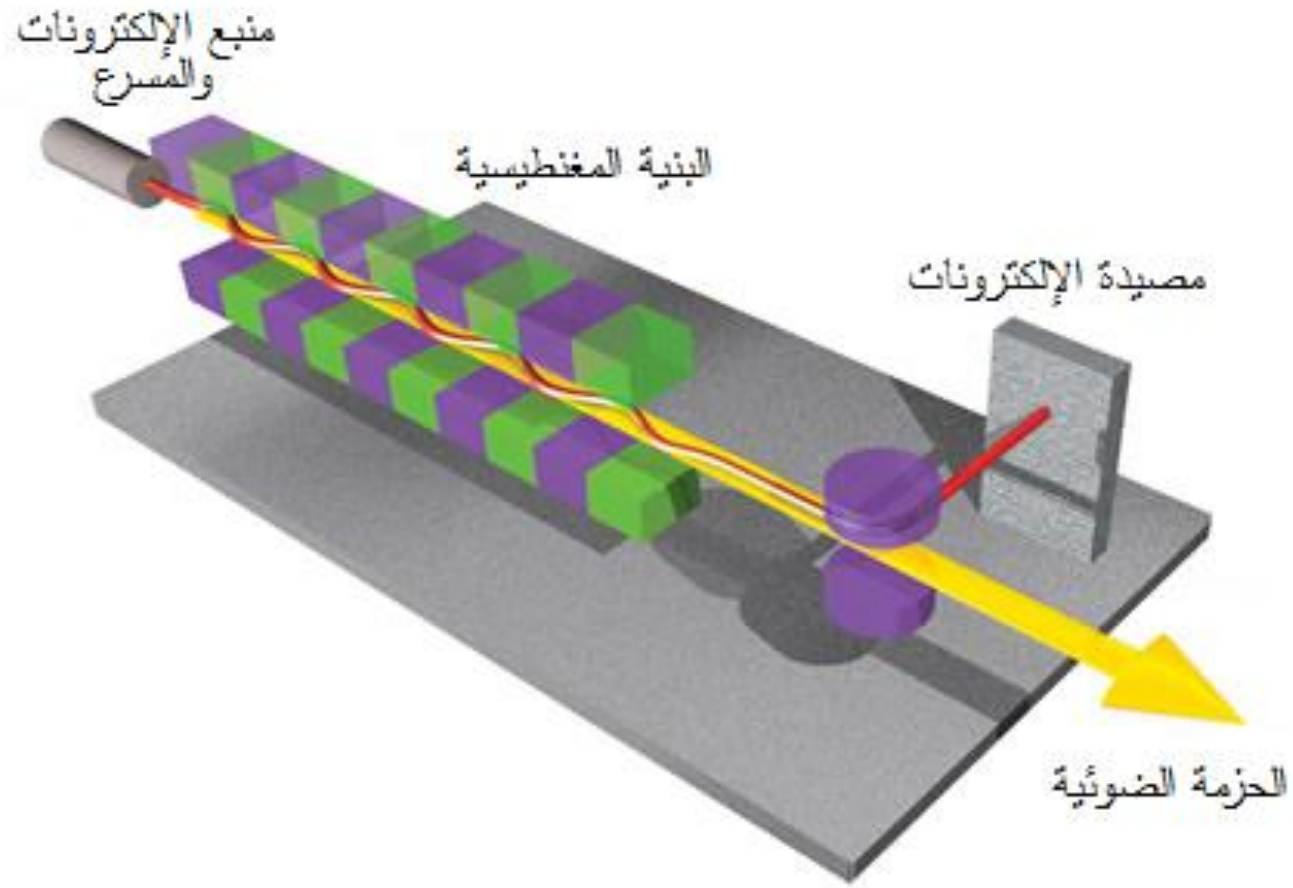
- كالميلانين أو الهموغلوبين،

- بينما يساعد ضيق العصابات التي يمكن الحصول عليها في تخفيض إمكانية إلحاق الضرر بالنسيج المحيط.

الليزرات الصباغية

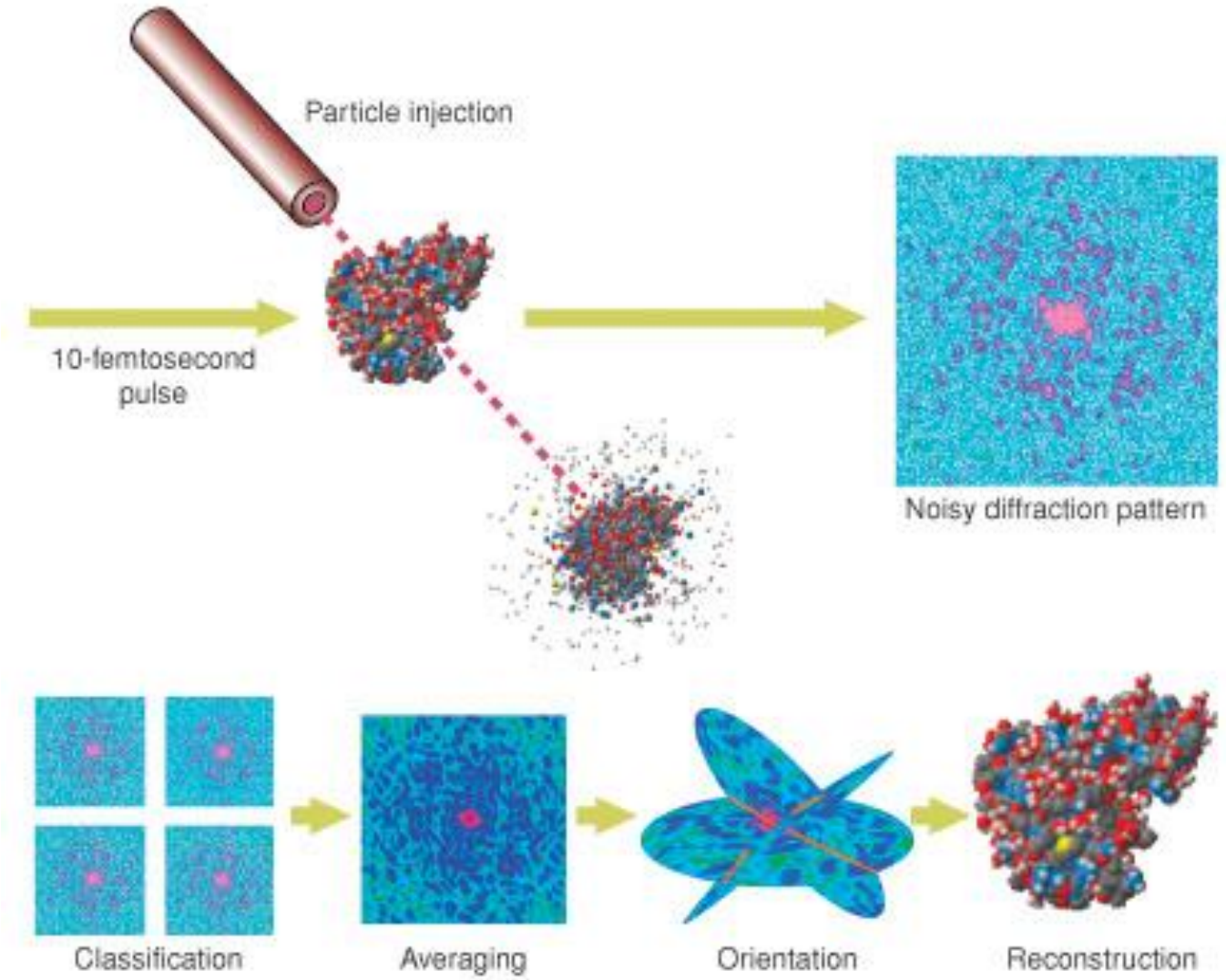
- تفيد هذه الليزرات في الجلدية، حيث تستخدم في معالجة:
  - الوحمات الوعائية port-wine stains
  - واضطرابات الأوعية الدموية الأخرى،
  - والندبات
  - وتفتيت حصى الكلية.
- يمكن توليفها أيضاً مع تشكيلة من الأحبار لإزالة الوشوم بالإضافة إلى عدد من التطبيقات.

ليزر الإلكترونات الحرة
Free Electron Laser (FEL)

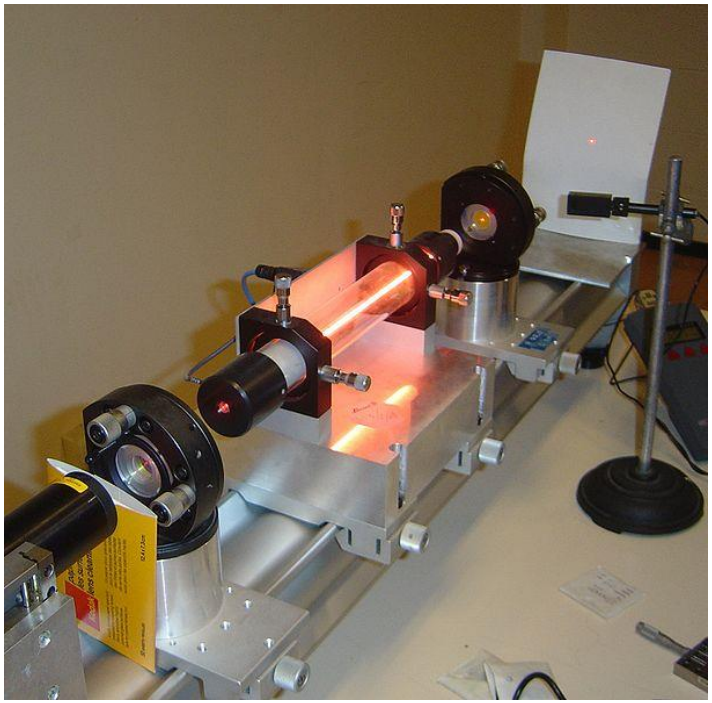


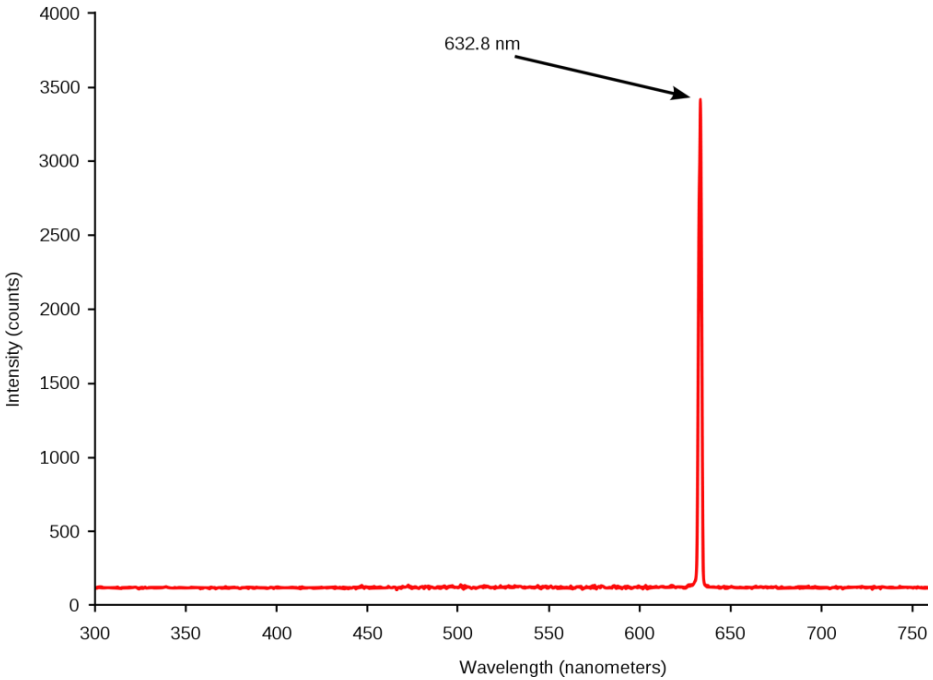
الشكل التخطيطي لليزر الإلكترونات الحرة.

تصوير الجزيئات الحيوية بليزر الإلكترونات الحرة



خصائص إشعاع الليزر

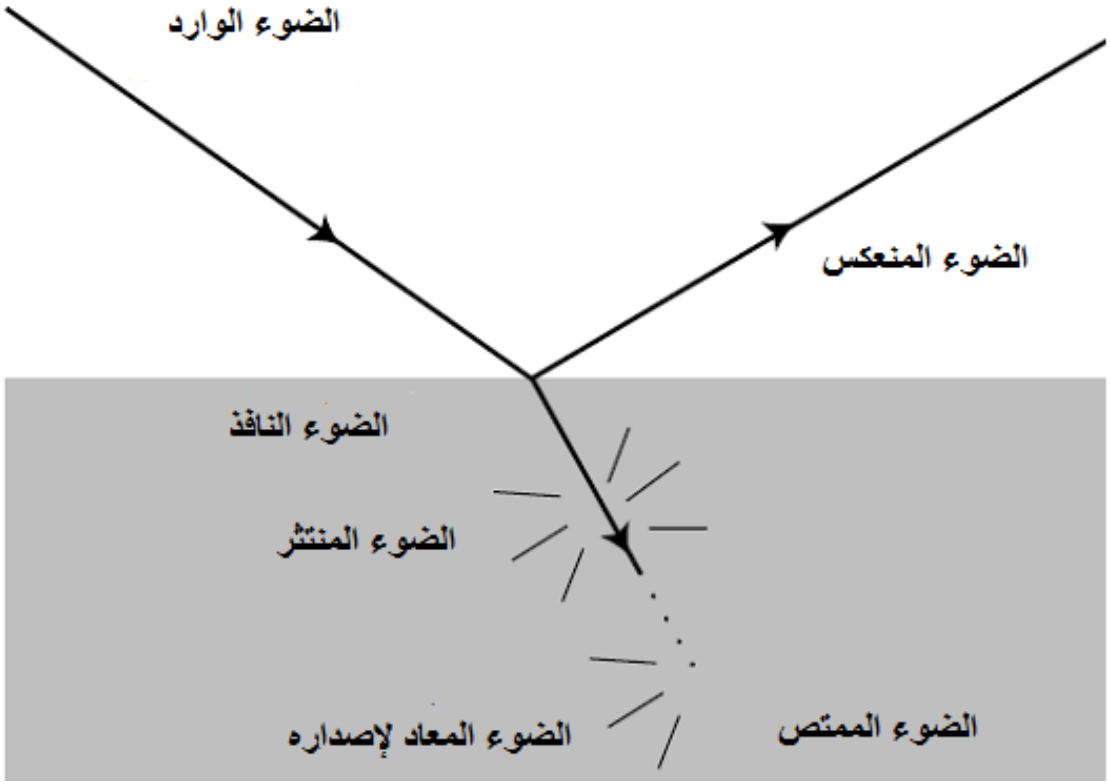




مقارنة بين الخصائص الضوئية
لمنبع ضوئي تقليدي وليزر الهليوم نيون

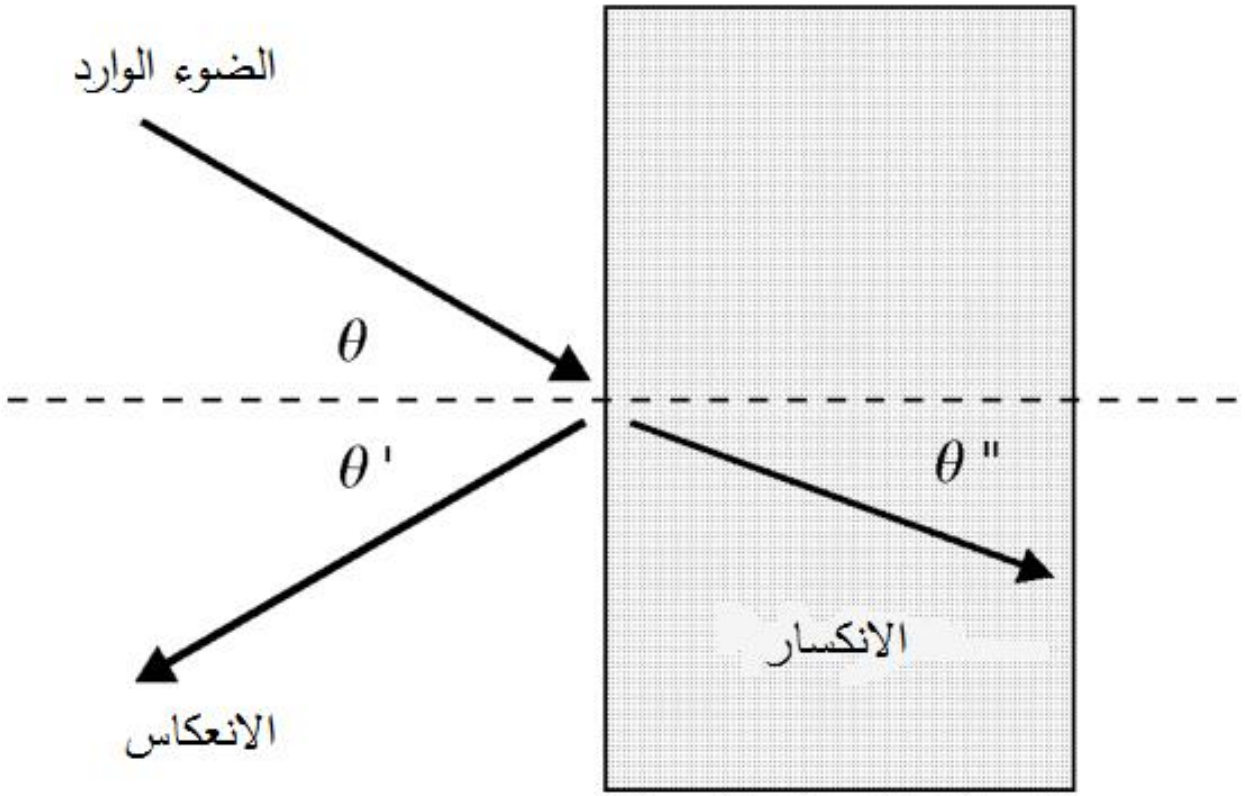
	مصباح بخار الزئبق التقليدي	ليزر الهليوم-نيون
الطول الموجي	$546.0\ nm$	$632.8\ nm$
الإستطاعة	$100\ W$	$1\ mW$
عرض الشريط الطيفي	$\Delta_\lambda \approx 10\ nm$	$\Delta_\lambda = 2\times10^{-3}\ nm$
زاوية الإصدار الصلبة	$\delta\Omega = 4\pi\ Sr$	$\delta\Omega \cong 10^{-6}\ Sr$
التألق الطيفي (السطوع)	$1\ W/cm^2 \cdot Sr\ nm$	$5\times10^{7}\ W/cm^2 \cdot Sr\ nm$

تفاعل إشعاع الليزر مع النسج: آليات تأثير النسج في الضوء



هندسة الانعكاس والانكسار والامتصاص والانتثار.

الانعكاس والانكسار



هندسة الانعكاس والانكسار المرآتيَيْن

تفاعل إشعاع الليزر مع النسج:
آليات تأثير النسج في الضوء

موجز للمفعولات التي تقوم بها النسج في الليزر:

- فهي تعكس جزءاً من إشعاع الليزر (ويكون الجزء المنعكس أكبر ما يمكن في حالة الضوء المرئي)،
- وتمرر جزءاً آخر ينتشر جزء كبير منه (ويكون الجزء النافذ أكبر ما يمكن عندما يقع في مجال تحت الأحمر القريب)،
- وتكسر جزءاً آخر ولاسيما مجال التيراهرتز وتكون النسج سنية،
- وتمتص جزءاً آخر (يكون هذا الجزء أكبر ما يمكن في مجالي تحت الأحمر المتوسط وفوق البنفسجي

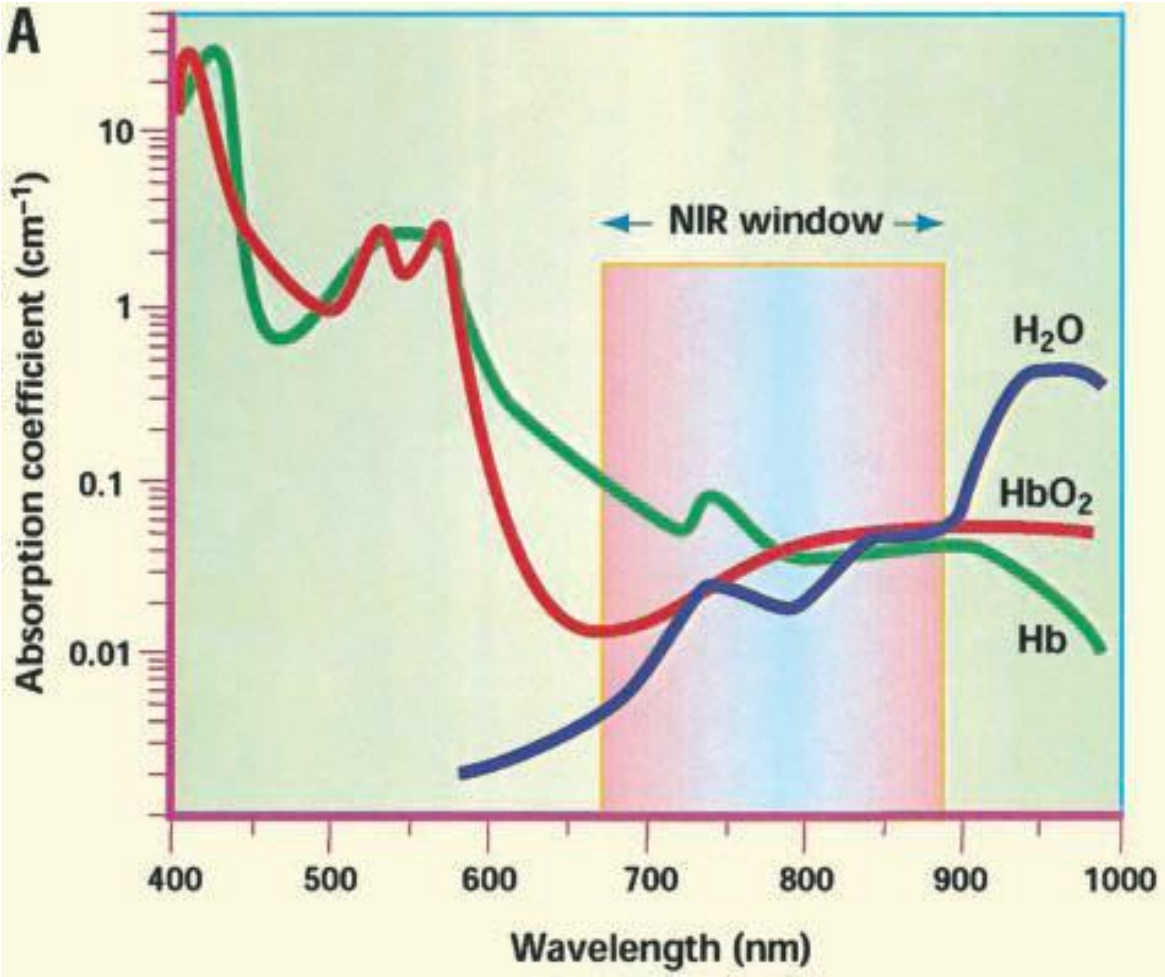
تفاعل إشعاع الليزر مع النسج:
آليات تأثير النسج في الضوء

- عندما يكون الجزء المنعكس هو الضوء المرئي فيمكن استخدامه في التنظير (تنظير البنى الأنبوبية في الجسم كالجهاز الهضمي والجهاز البولي).
- يجب التمييز بين التنظير الضوئي والتنظير بالأشعة السينية أو أي طريقة تنظير أخرى
- عندما يقع الجزء النافذ أو المنتشر ضمن مجال تحت الأحمر القريب فيستخدم في التصوير المأمون، وهو المجال الذي يمثل، كما سنرى في الفصل التالي، النافذة الضوئية أو العلاجية.

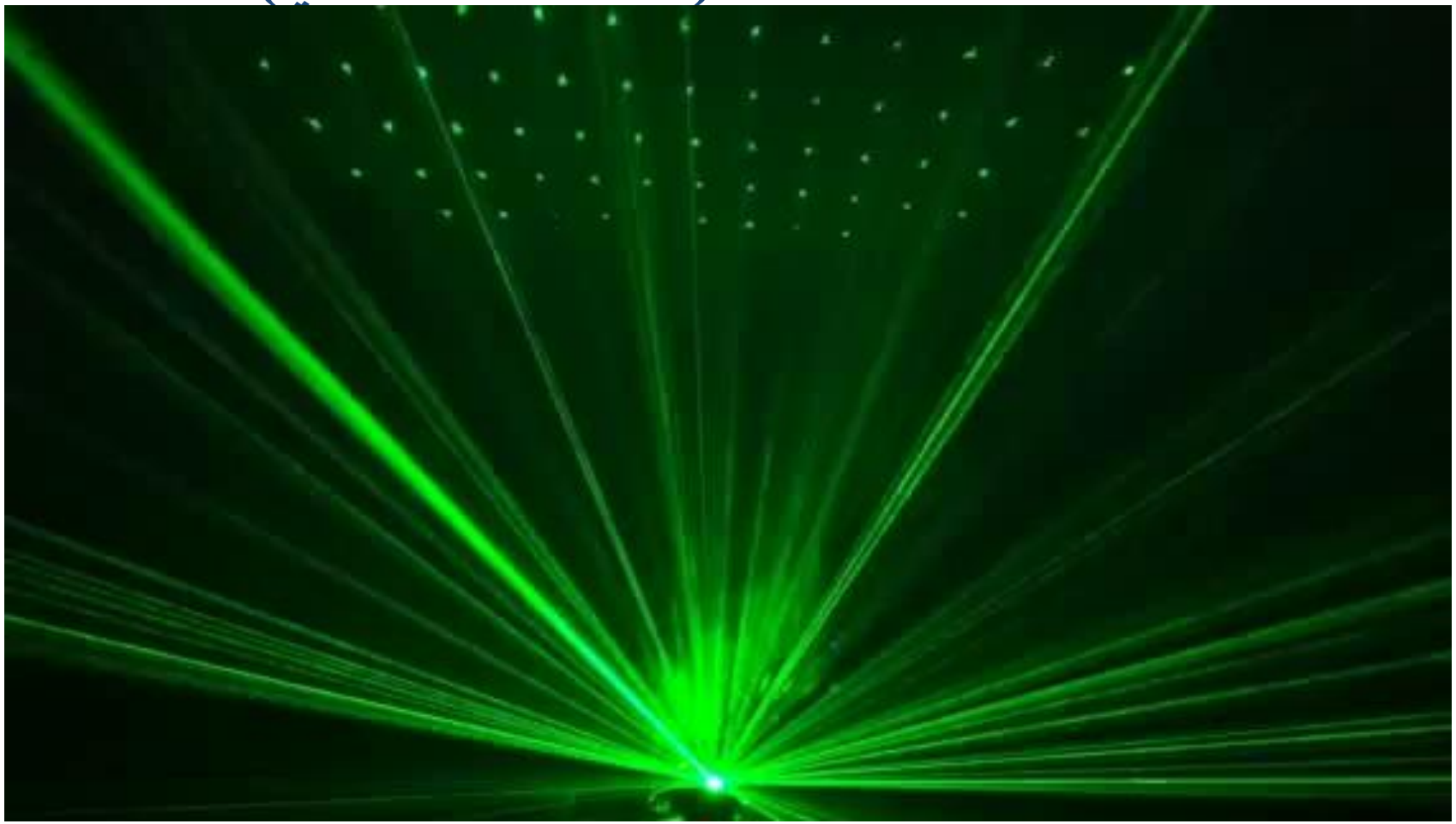
تفاعل إشعاع الليزر مع النسج:
آليات تأثير النسج في الضوء

- وعندما يقع الجزء الممتص ضمن المجال تحت الأحمر المتوسط فيمكن استخدامه بالدرجة الأساسية في الجراحة (كما رأينا دراسة جسم الإنسان كجسم أسود فيزيائي حيث رأينا أن شدة امتصاصه تكون أعلى ما يمكن .
- وعندما يقع الجزء الممتص في مجال الأشعة فوق البنفسجية فيستخدم في معالجة الأورام ، وبالتأكيد ليس لتوليد فيتامين D

النافذة الضوئية أوالعلاجية



تعدد انتشار الضوء (الليزر العشوائي)



ليزر عشوائي.