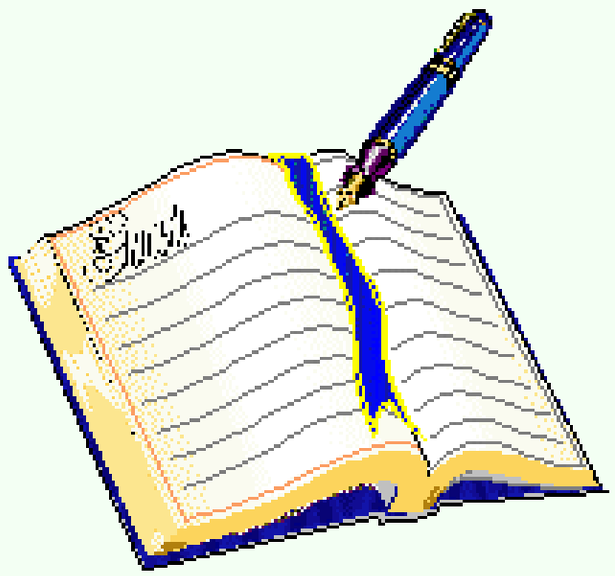
الفصل الثاني

المدخل إلى الليزر



لمحة تاريخية

لمحة تاريخية Brief History

* لقد كان آينشتاين هو الأب الروحي لتقنية الليزر حين تنبأ بإمكانية حث الذرات غير المستقرة لتبعث تحت ظروف معينة كمات ضوئية لها نفس خصائص الكمات المستحثة .

* وبعد أربعة عقود من هذا التنبؤ، وفي عام 1958م نشرت مجموعتا عمل إمكانية تحقيق هذه الفكرة عملياً، كانت الأولى سوفيتية تضم كلاً من N. asov و A. Prokhory والثانية أميركية شملت A. Schadlow و C. Townes

* كانت هذه الأخيرة أكثر شهرة حيث استخدمت غاز الأمونيا للحصول على أول شعاع مكبر في منطقة الأمواج الدقيقة والذي نالت عليه المجموعة جائزة نوبل للفيزياء عام 1964م وقد سمي هذا الشعاع بالميزر.

* تم انتاج أول ليزر مرئي عام 1960م بواسطة العالم T. Maiman .

لمحة تاريخية

* وقد استخدم هذا الجهاز مادة الياقوت ذات الحالة الصلبة كوسط للتكبير يتم ضخه ضوئياً عن طريق مصباح وميضي لينتج ضوءاً أحمراً يبلغ طوله الموجي حوالي 694 nm

* وفي ذات العام تمكن الفيزيائي الإيراني علي جافان مع كل من W. Bennet و D. Herriot من انتاج أول ليزر غازي مستخدمين مادتي الهيليوم والنيون .

* أما ليزرات أشباه الموصلات فقد تم انتاجها عام 1962م لتشع ضوءاً في المنطقة القريبة من الأشعة تحت الحمراء .

لتبدأ من هناك ثورة عصر جديد قد يسمى بعصر الليزر

ماهو الليزر

ماهو الليزر

LASER

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

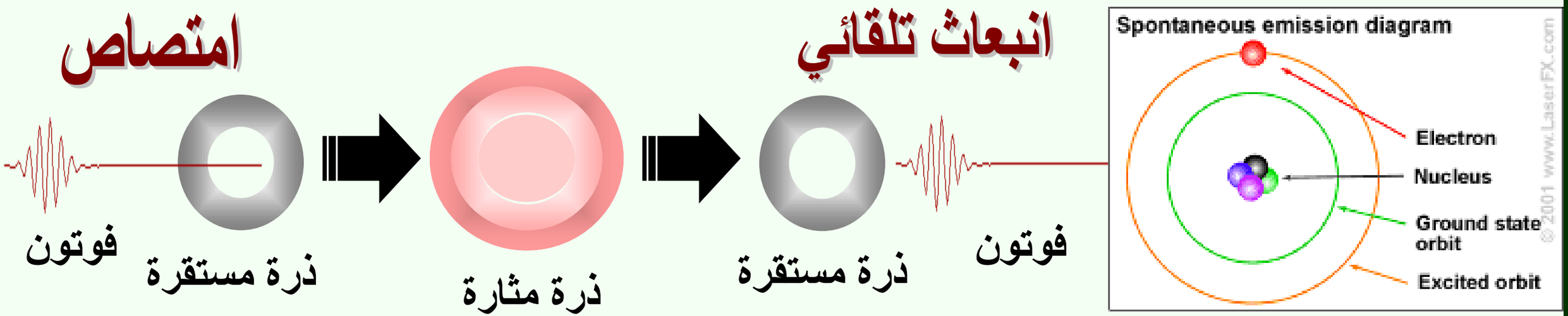
تكبير الضوء بواسطة الانبعاث المستحث للإشعاع

يطلق الليزر عادة على مايلي

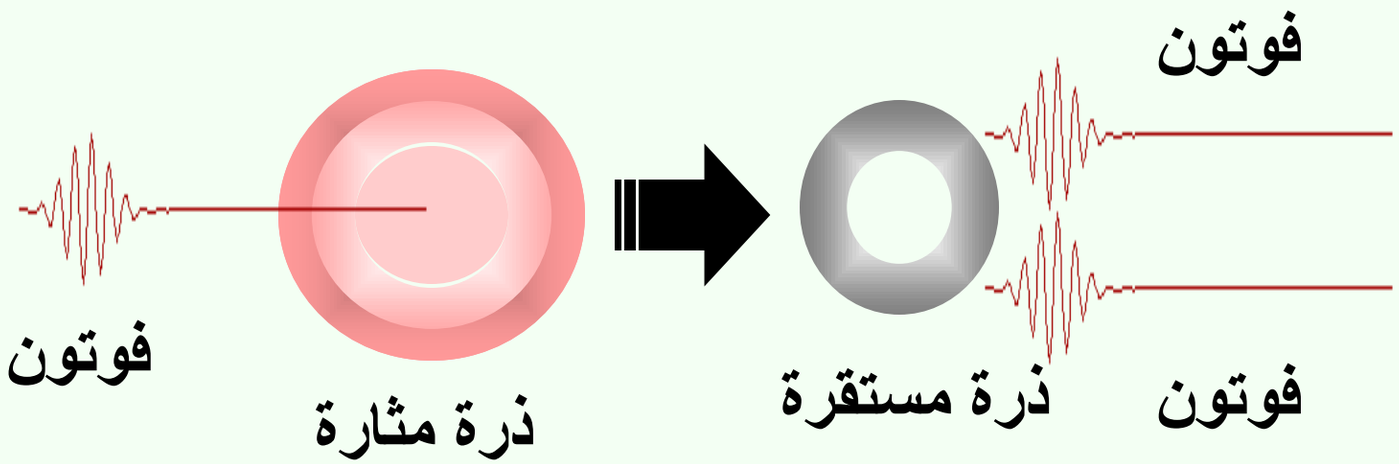
- حزم الضوء المركزة ذات الطاقة العالية .

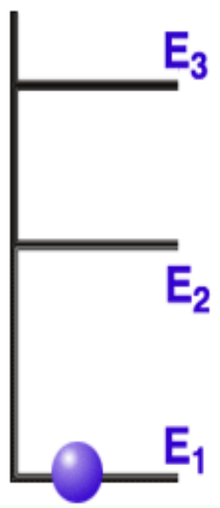
- الجهاز المصدر لهذه الحزم او الأشعة .

ماهو الليزر



الانبعاث المستحث

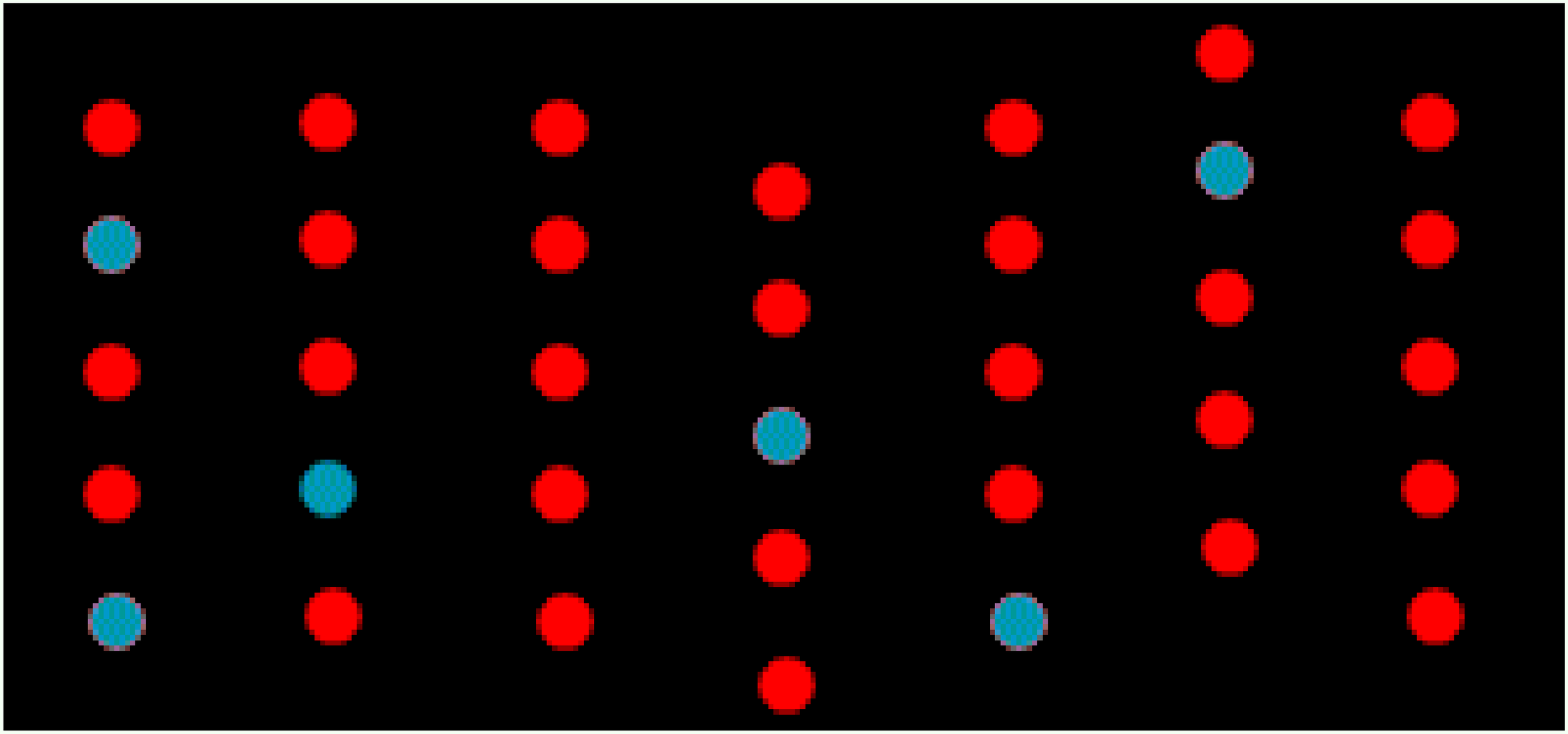




جامعة الجوف
Al Jouf University

ماهو الليزر

عملية التكبير بالإنبعاث المستحث



ذرة مثارة

ذرة مستقرة

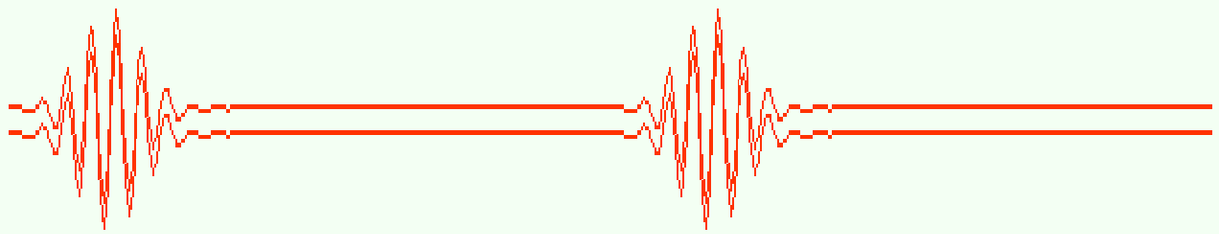
خواص شعاع الليزر

خواص شعاع الليزر Laser Properties

1- أحادية الطول الموجي Monocheomaticity

تكون حزمة الليزر أحادية الطول الموجي لسببين رئيسيين :

1- الفوتونات المستحَثة لها نفس خصائص الفوتونات المستحِثة .



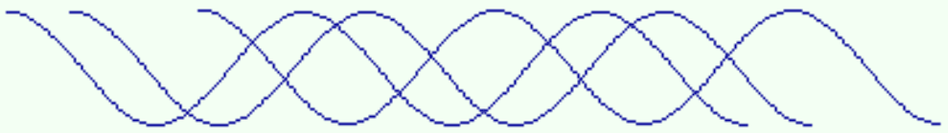
2- المرنان الليزري (فابري-بيرو مثلاً) يسمح فقط لتردد وحيد بالذبذبة ومن ثم التكبير والنفاذ إلى خارج المرنان طبقاً للمعادلة (11) الواردة في الفصل السابق .

ومع هذا فحزم الليزر ليست دائماً أحادية الطول الموجي تماماً بل لها خطوط طيفية ضيقة جداً يمكن معها اعتبار خاصية أحادية الطول الموجي .

2- الترابط Coherence

الترابط الزماني

للحزمة الضوئية تردد (زمن دوري) موحد (أحادية الطول الموجي) .

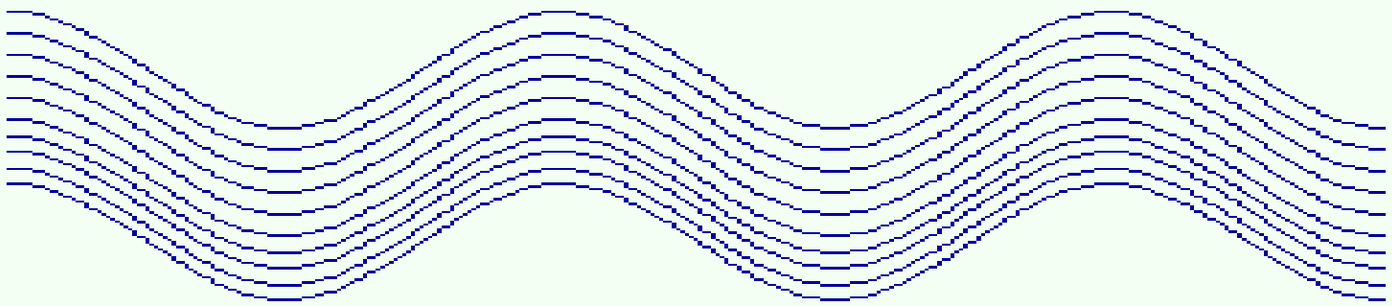


الترابط المكاني

فرق الطور بين أي نقطتين في جبهة الموجة يظل ثابتاً مع الزمن .

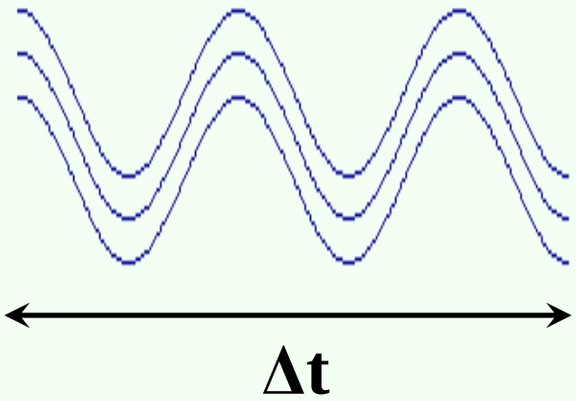
*كلا الترابطين قد يكون تاماً وقد يكون جزئياً (لفترة زمنية محدودة) .

*لاترابط بين الترابطين ، فقد توجد حزمة مترابطة مكانيا وغير مترابطة زمانياً والعكس صحيح



حزمة الليزر مترابطة ترابطاً زمانياً ومكانياً تاماً

حساب طول وزمن التشاكه



باستخدام سرعة الضوء يمكن إيجاد العلاقة بين زمن الترابط Δt وطوله L_c كالتالي :

$$L_c = c\,\Delta t \qquad (16)$$

وبما أن عرض النطاق الطيفي يساوي مقلوب زمن الترابط ، أي :

$$\Delta t = 1/\Delta f \qquad (17)$$

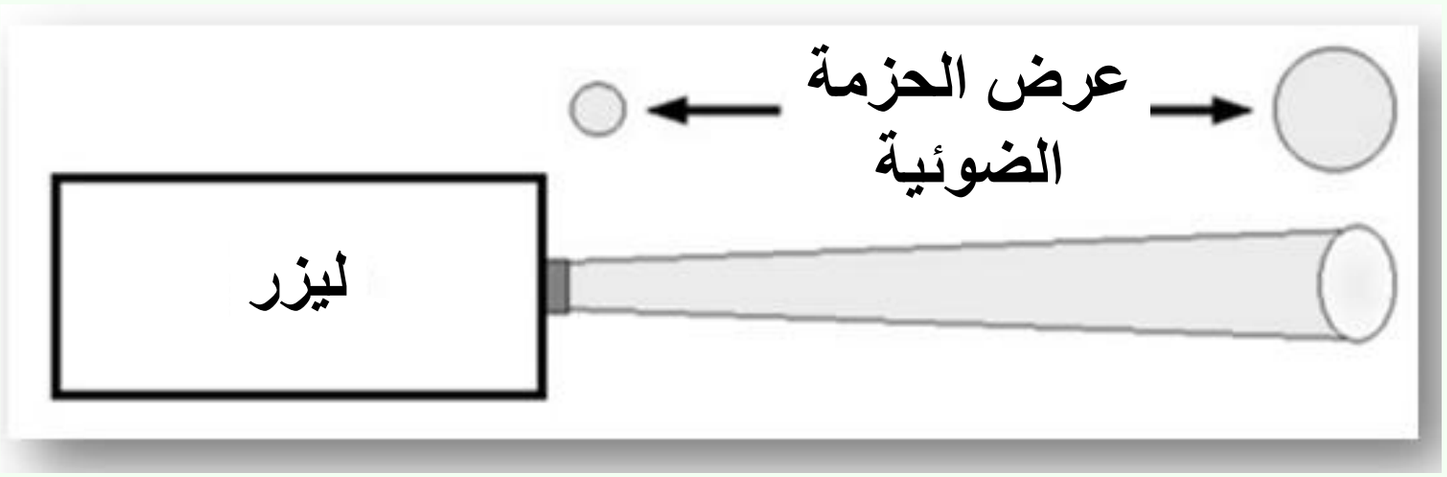
وعليه فإن :

$$L_c = c\,/\Delta f \qquad (18)$$

يمكن حساب طول الترابط عملياً باستخدام مقياس التداخل لميكلسون ، حيث ترتبط المسافة التي تقطعها المرآة (d) ـ للحصول على هدب التداخل ـ بطول الترابط كالتالي :

$$L_c = 2\,d \qquad (19)$$

3- الاتجاهية Directionality



* يقصد باتجاهية شعاع الليزر ثبات عرض الحزمة الضوئية نسبياً بحيث يكون انفراجها بسيطاً مقارنة بالمسافة التي تقطعها .

* هذه الخاصية هي نتيجة مباشرة لسببين : أولهما هو ترابط الحزمة الضوئية ، وثانيهما هو المرنان الليزري الذي لا يسمح بالنفاذ سوى للأشعة العمودية على مراياه العاكسة .

* ومع هذا فالشعاع الليزري يعاني من الانفراج (Divergence) البسيط الناشيء عن ظاهرة الحيود ، حيث يمكن حساب زاوية الانفراج θ_d من نظرية الحيود كالتالي :

$$\theta_d = \beta \lambda / D \qquad (20)$$

حيث λ و D الطول الموجي وقطر الحزمة الضوئية ، β معامل عددي يعتمد على شكل وتوزيع سعة الموجة .

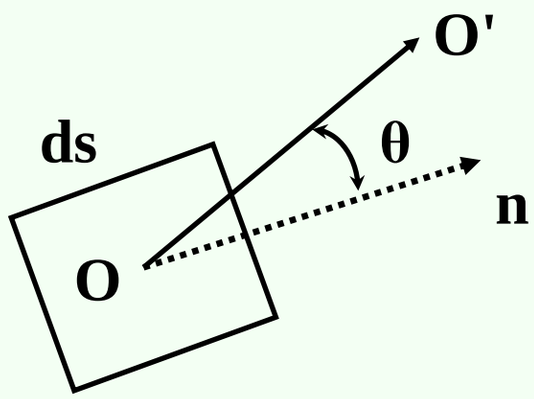
4- السطوع Brightness

* يعرف سطوع المصدر الضوئي بأنه معدل انبعاث الطاقة لكل وحدة مساحة لكل زاوية مجسمة .

* هذه الخاصية هي نتيجة مباشرة للاتجاهية العالية لحزمة الليزر .

* تعتبر خاصية السطوع أهم خواص الليزر وأكثرها جاذبية لتطبيقات الليزر المختلفة.

* يمكن حساب سطوع حزمة الليزر كالتالي :



- تكون القدرة المنبعثة dP بواسطة مساحة السطح ds نحو الزاوية المجسمة dΩ وحول المتجه OO' كالتالي :

$$dP = B \cos\theta \; dS \, d\Omega \qquad (21)$$

حيث θ هي الزاوية بين OO' والعمود n على السطح B هو السطوع لدى النقطة O

خواص شعاع الليزر

- بالنسبة لحزمة من الليزر لها قدرة P ومقطع عرضي قطره D يمكن كتابة مايلي :

$$\because \theta \cong 0 \Rightarrow \cos\theta = 1$$

مساحة مقطع الحزمة $dS = \pi\ D^2 / 4$

الزاوية المجسمة $d\Omega = \pi\ \theta^2$

باستخدام النتائج السابقة وبالتعويض في المعادلة (21) نستطيع إيجاد علاقة للسطوع كالتالي

$$B = 4\ P / (\pi\ D\ \theta)^2 \qquad (22)$$

وبما أن الزاوية θ هي نفسها زاوية الانفراج المعطاه بالمعادلة (20) بالنسبة لليزر فإن المعادلة السابقة تصبح :

$$B = (2/ \beta\ \lambda\ \pi)^2 .\ P \qquad (23)$$

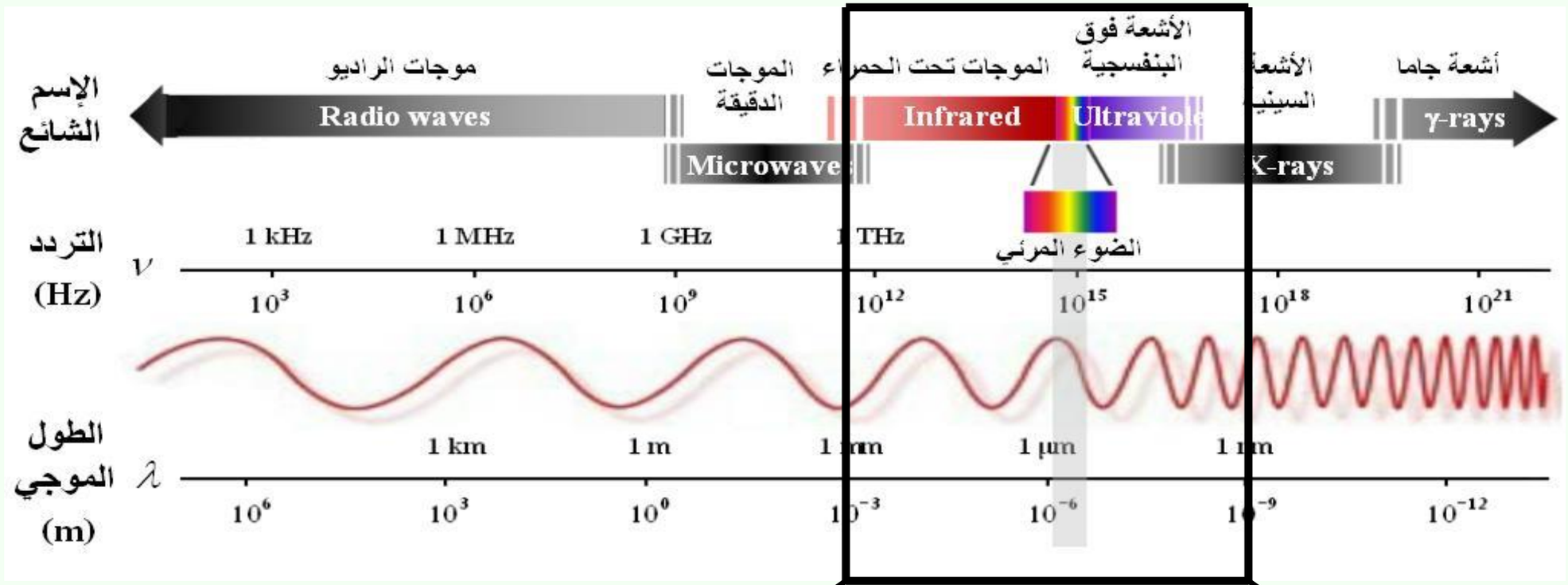
خواص شعاع الليزر

بسبب هذه الخواص السحرية أصبح الليزر حل يبحث عن المشاكل واستخدم في عدد لانهائي من التطبيقات وقد يصبح يوماً ما أداة العصر

طيف الليزر وأطواله الموجية

طيف الليزر وأطواله الموجية

Laser Spectrum and Wavelengths



1 µm = 10^{-6} m
1 nm = 10^{-9} m
1 Å = 10^{-10} m

1 mm
Far Infrared (FIR)

1 nm
Soft X-ray

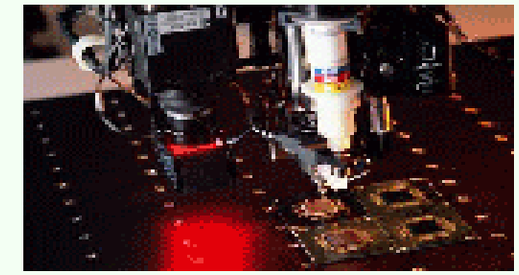
طيف الليزر وأطواله الموجية

مسمى الأشعة	الحزمة المكافئة
Far infrared	10 µm – 1 mm
Middle infrared	1 µm – 10 µ m
Near infrared	0.7 µm – 1 µ m
Visible	400 nm – 700 nm
Ultraviolet	200 nm – 400 nm
Vacuum ultraviolet	100 nm – 200 nm
Extreme ultraviolet	10 nm – 100 nm
Soft X-ray	1 nm – 20 nm

تصنيفات الليزر Laser Categorization

مادة الوسط الفعال

- الغازية
- السائلة
- الحالة الجامدة
- أشباه الموصلات

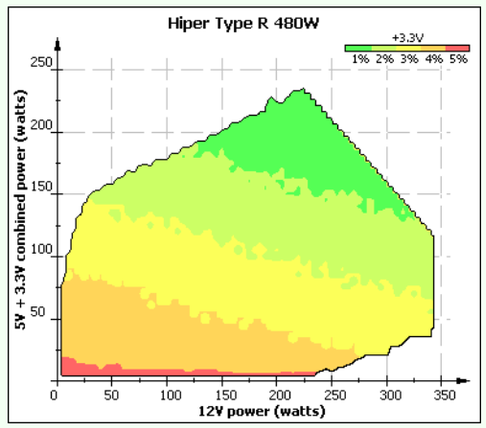


الضخ

- الضخ الكهربي
- الضخ الضوئي
- الضخ الكيميائي

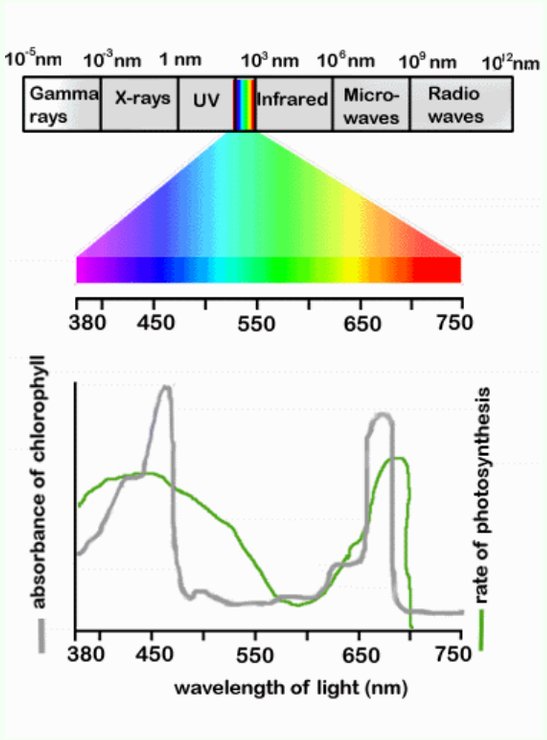
خرج الليزر

- قوية
- متوسطة
- ضعيفة



الطول الموجي

- حزم الطيف



أسئلة ومسائل

س 1 : لماذا لايمكننا الجزم بأحادية الطول الموجي التامة لحزم الليزر ؟

س 2 : اذكر بعض التطبيقات التي يستخدم فيها الليزر بسبب :

أ – اتجاهيته .

ب- سطوعه .

س 3 : في تجربة لحساب طول الترابط باستخدام مقياس ميكلسون وجد أن المسافة التي تقطعها المرآة $2\ cm$ ، احسب :

أ – طول الترابط .

ب – زمن الترابط .

ج – عرض النطاق الطيفي .

س 4 : حزمة ليزر قدرتها $1\ mW$ ، ونصف قطرها $50\ \mu m$ ، احسب سطوع الحزمة إذا كانت زاوية الانفراج $\theta = 8^{\circ}$.