وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي
جامعة الانبار
كلية العلوم/ قسم الفيزياء

**اسم المادة: الليزر/2**

**المستوى الدراسي: الدراسات الأولية**

**المرحلة: الثالثة**

**المحاضرة الثامنة عشر**

**عنوان المحاضرة: خصائص الحزمة الجاوسية**

**مدرس المادة**

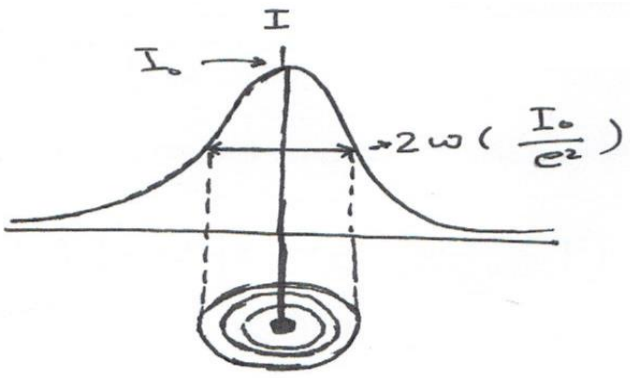
**أ.م. د جمال مال الله رزيج العبيدي**

## خصائص الحزمة الكاوسية $(TEM_{00})$

ان قطر حزمة الليزر (قطر النقطة التي تعملها حزمة الليزر) ذات النمط الكاوسي تحدد بصورة تقريبية لأنها لا تمتلك حافات حادة وان توزيع الشدة للحزمة ذات النمط الكاوسي يعطى بالعلاقة التالية :

$$I_x = I_o\, exp(-2x^2/w^2) \dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

$I_o$ اعلى شدة للحزمة، x المسافة عن المركز، w نصف قطر الحزمة والذي يعرف بانه نصف القطر الذي عنده تهبط الشدة بمقدار $\frac{1}{e^2}$ عن قيمتها عند المركز.




يمكن قياس نصف قطر الحزمة او حجم بقعة الليزر (Spot) عند المرآة بالاعتماد على العلاقة التالية:

$$w(z) = \left(\frac{\lambda L}{\pi}\right)^{1/2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

وتعرف القيمة الصغرى لـ w عند منطقة التخصر بخصر حزمة الليزر $(w_o)$ وعندها تكون الموجة مستوية اي نصف قطر تكورها يساوي $(\infty)$ فعلى بعد z من هذا التخصر فان القدر الضوئي لهذه البقعة يعطى بالعلاقة :

$$w(z) = w_o \left[1 + \left(\frac{\lambda Z}{\pi w^2{}_o}\right)^2\right]^{1/2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

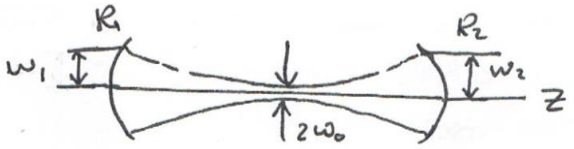
وان زاوية الانفراج الكلية للنمط الأساسي (الكاوسي) $\theta_{TEM00}$ هي :

$$\theta_{TEM00} = \frac{\lambda}{\pi w_o} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

فلو كانت $(R_z)$ تمثل نصف قطر تكور جبهة الموجة التي تقطع المحور في النقطة $(z)$ فان $R_z$ ستساوي:

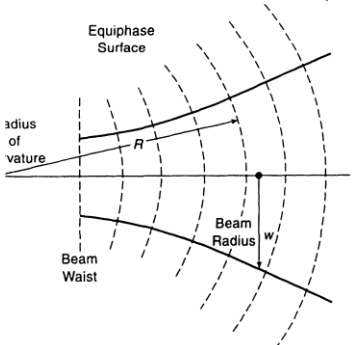
$$R_z = Z\left[1 + \left(\frac{\pi w_o}{\lambda Z}\right)^2\right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

R يمثل نصف قطر تكور المرآة




**مثال**

احسب نصف قطر النمط الكاوسي ($R_Z$) اذا كان ($w_o$= 1 mm) و ($\lambda = 0.5\ \mu m$) و (Z=25 Cm) ؟




$$R_z = Z\left[1 + \left(\frac{\pi w_o}{\lambda Z}\right)^2\right] = 0.25\left[1 + \left(\frac{(3.14)(0.001)}{(0.5*10^{-6})(0.25)}\right)^2\right] = 158\ m$$

## عامل النوعية للمرنان

من اساسيات مناقشة اي مرنان هو التعرف الى مبدأ عامل النوعية للمرنان (Q) والذي يعرف وفق العلاقة التالية:

$$\text{عامل النوعية للمرنان (Q)} = \frac{\mathbf{2} \times \text{النسبة الثابتة} \times \text{المخزونه الطاقة}}{\text{الطاقة المتبددة خلال دورة الواحدة}}$$

وهو تعرف عام وارد في الدوائر الكهربائية والاجهزة الميكانيكية ومرنان الموجات الميكروية كذلك يكون لمرنان الليزر ايضا، فمثلا يكون عامل النوعية لمذبذب كهربائي عادي كالذي يحتوي على مقاومة ومتسعة ومحاثة في حدود بضع مئات في حين يتراوح عامل النوعية لمرنان الليزر بين $10^5$ و $10^8$ حيث ان التجويف الرنيني ذو عامل النوعية العالي يخزن الطاقة بصورة جيدة في حين لا يفعل التجويف الرنيني ذو عامل النوعية الواطئ ذلك. اضافة الى ذلك يرافق عامل النوعية العالي الخط الطيفي الضيق نسبيا في حين يرافق عامل النوعية الواطئ الخط الطيفي العريض نسبيا. هذه العلاقة بين (Q) وعرض الخط الطيفي يمكن التعبير عنها ببسطة على النحو التالي:

$$\text{(Q)} = \frac{\text{التردد الرنيني}}{\text{عرض الخط الطيفي}} \quad \text{اي ان:}$$

$$Q = \frac{\nu}{\Delta\nu}$$

في الحقيقة، يعمل وسط الليزر على تغذية صيغ التذبذب بالطاقة فنظريا اذا كانت الطاقة المتبددة تساوي صفر يكون لعامل النوعية قيمة لا نهائية ولكن عمليا لابد من وجود خسارة وهذا يعني ان

للخط الطيفي تعريض بسيط وحاليا يمكن تقليص عرض الخط الطيفي لقيمة تقارب من 1 هيرتز .

**مثال**

احسب قيمة عامل النوعية لليزر النيديميوم - زجاج إذا كان خط الانبعاث يتسع لغاية ( $3\times10^{12}$ Hz) ثم احسب عدد الانماط الطولية إذا علمت ان طول المرنان (0.5 m) وان الطول الموجي لاشعة الليزر هي (1.06 μm).

**الحل**

$$Q = \frac{\nu}{\Delta\nu} = \frac{\frac{c}{\lambda}}{\Delta\nu} = 94.33$$

$$N = \frac{2L}{c}\Delta\nu = 1000$$

**H.W**

اذا كان عامل النوعية لمرنان ليزر الندميوم – ياك طوله (1 m) هو ($Q= 1.85\times10^{6}$) ، احسب عدد الانماط الطولية في خط الانبعاث ؟

# المصادر:


1- فيزياء الليزر – سهام عفيف قندلا

2- Introduction to Laser Physics 1st Edition- K. Shimoda

3- Basics of Laser Physics: For Students of Science and Engineering. (Graduate Texts in Physics) 2nd Edition.