كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء الليزر

المحاضرة : السادسة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z



2025

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

# المحاضرة السادسة ليزر - س٤-ف

## ليزر الهليوم-نيون He-Ne

**أولاً: مقدمة عامة**

ليزر الهليوم-نيون (He-Ne laser) هو أحد أشهر أنواع الليزر الغازي، ويستخدم بكثرة في التطبيقات التعليمية، والبحثية، والهندسية. يُصدر عادةً ضوءاً بطول موجي 632,8nm (أحمر)، وهو ضوء مرئي ذو طيف مستمر ونقي جداً.

**ثانياً: مكونات ليزر He-Ne**

1- الأنبوب الليزري (laser Tube):

أ- أنبوب زجاجي مفرغ جزئياً يحتوي على خليط من غازي الهليوم والنيون.

ب- نسبة الخلط النموذجية: He:Ne ≈ 10:1

جـ- الطول النموذجي: من 10cm إلى 50cm.

د- الأقطاب الكهربائية موضوعة على طرفي الأنبوب لتوليد التفريغ الكهربائي.

2- التغذية الكهربائية:

تُستخدم لتطبيق جهد كهربائي (عالي من 1 إلى 5 كيلوفولت) عبر الغاز لإحداث تفريغ كهربائي يؤدي إلى إثارة الذرات.

3- نظام المرآتين (Cavity Resonator):

أ- مرآتان على طرفي الأنبوب، إحداهما شبه عاكسة (HR) والأخرى شبه شفافة (OC).

ب- تشكل ما يُعرف بالتجويف البصري (Resonator Optical)، الضروري لتضخيم الضوء وتحقيق التضخيم الليزري.

**ثالثاً: فيزياء عمل ليزر He-Ne**

1- آلية الإثارة:

أ- التيار الكهربائي يثير ذرات الهليوم إلى مستويات طاقة عالية.

ب- الهليوم المنبعث ينقل طاقته إلى ذرات النيون بواسطة التصادم غير المرن، لأن مستويات طاقة الهليوم والنيون متقاربة.

2 - التحفيز الليزري ( Laser Action ):

أ- تحدث عملية الانبعاث المحفز عندما تعود ذرات النيون المثارة من المستوى الأعلى إلى الأدنى، باعثة فوتونات متطابقة في الطور والطول الموجي. (الانبعاث المحفز = الإصدار القسري)

ب- يتم تضخيم هذه الفوتونات عبر التجويف بين المرآتين.

3 - الشروط الأساسية لعمل الليزر:

أ- وجود انعكاس إيجابي في التجويف.

ب- انعكاسية المرآة الخلفية $\geq 99,9\%$

ج- تحقيق انعكاس صافي كافٍ > الخسائر.

د- تواجد حالة انعكاس سكاني بين المستويين الطاقيين في ذرات النيون.

رابعاً: الطول الموجي المستخدم

الطول الموجي الرئيسي لليزر He-Ne:

أ- ($\lambda = 632,8nm$) (أحمر مرئي)

ب- تواجد أطوال أخرى ممكنة (مثل $1,15\mu m$ أو $3,39\mu m$)، لكنها أقل استخداماً.

خامساً: المواصفات الفنية النموذجية

1 - الطول الموجي $\lambda = 632,8nm$.

2 - القدرة الإشعاعية الناتجة من $0,5mW$ إلى $10mW$.

3 - معامل الترابط عالٍ جداً.

4 - شكل الشعاع غاوصي (Gaussian).

5 - زاوية التباعد صغيرة جداً $\sim 1mrad$.

سادساً: التطبيقات

1 - القياسات الدقيقة في الفيزياء (مثل التداخل وغيره)

2 - الهولوجرافيا.

3 - تجارب التعلم الجامعي.

4 - أجهزة المسح (Scanners).

## سابعاً: الحسابات النظرية الأساسية

1- الطاقة لكل فوتون:

$$E_p = h\nu = \frac{h.c}{\lambda}$$

حيث $h = 6,62.10^{-34}\ J.s$ ثابت بلانك

$c = 3.10^{8}\ m.s^{-1}$ سرعة الضوء في الخلاء

$\lambda = 632.8.10^{-9}\ m$ طول الموجة

2- عدد الفوتونات في شعاع قدرته P:

$$N = \frac{P}{E_p}$$ (القدرة = الاستطاعة)

## ثامناً: المزايا والعيوب

1- المزايا

أ- شعاع عالي الترابط (التماسك).

ب- قدرة إخراج ثابتة.

ج- صيانة منخفضة.

د- سعر منخفض.

2- العيوب

أ- قدرة منخفضة (غير مناسب للقطع أو الحفر).

ب- كبير الحجم مقارنة بليزرات الحالة الصلبة.

## مسألة (1):

في أحد المختبرات، تمّ تشغيل ليزر هليوم-نيون بطول موجي $\lambda = 632,8\ nm$، طاقة الإصدار القسري في ذرة النيون بين المستويين $E_3$ و $E_2$ هي $\Delta E = 1,96\ eV$، وشدة الشعاع الليزري $P = 1,5\ mW$، وفترة تشغيل الليزر تساوي $t = 600\ s$، والمطلوب:

1- احسب طاقة الفوتون المنبعث من ليزر He-Ne.

2- تحقق مما إذا كانت طاقة الفوتون الناتجة تتطابق مع فرق الطاقة بين المستويين $E_3$ و $E_2$.

3- كم عدد الفوتونات التي يصدرها الليزر خلال مدة تشغيله ؟
4- ما هو عدد ذرات النيون التي يجب أن تشارك في عملية الإصدار القسري.

الحل :

1- حساب طاقة الفوتون :

$$E_p = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62.10^{-34}\ J.s \cdot 3.10^{8}\ m.s^{-1}}{632,8.10^{-9}\ m} = 3,14.10^{-19}\ J$$

نحسب الطاقة بالإلكترون فولت eV

$$E_p = \frac{3,14.10^{-19}}{1,6.10^{-19}}\ eV = 1,96\ eV$$

2- نلاحظ أن طاقة الفوتون الناتجة تتطابق مع فرق الطاقة بين المستويين $E_3$ و $E_2$

3- نحسب الطاقة الكلية التي يصدرها الليزر خلال فترة تشغيله

$$E_{total} = P.t = 1,5.10^{-3}\ W \cdot 600\ s = 0,9\ J \qquad (W.s = J)$$

عدد الفوتونات = الطاقة الكلية / طاقة الفوتون ، أي :

$$N = \frac{E_{total}}{E} = \frac{0,9\ J}{3,14.10^{-19}\ J} = 2,87.10^{18}$$

4- في الحالة المثالية ، كل فوتون يصدر عن ذرة واحدة في عملية الإصدار القسري ، لذلك

عدد الذرات = عدد الفوتونات

وبالتالي عدد ذرات النيون التي يجب أن تشارك في عملية الإصدار القسري هو :

$2,87.10^{18}$ ذرة

مسألة (2) : ليزر هليوم نيون طوله الموجي $\lambda = 632,8nm$ يستخدم لإجراء قياسات دقيقة في نظام تداخل ضوئي ، استطاعة شعاع الليزر $P = 5mW$ ويعمل باستمرار لمدة ساعتين ، المطلوب :

1- احسب الطاقة الكلية التي أصدرها الليزر خلال الساعتين.
2- احسب طاقة الفوتون الواحد عند هذا الطول الموجي.
3- احسب عدد الفوتونات التي أصدرها الليزر خلال تلك المدة.
4- إذا كان الليزر يعمل بمردود (كفاءة) $\eta = 0{,}02$ فقط، احسب كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من الجهاز.

الحل:

1- الطاقة الكلية الناتجة من الليزر:

$$E_{out} = P.t = 5.10^{-3}\,W \cdot 2(3600\,S) = 36\,W.S = 36\,J$$

2- طاقة الفوتون الواحد:

$$E_p = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}62.10^{-34}\,J.S \cdot 3.10^{8}\,m.s^{-1}}{632{,}8.10^{-9}\,m} = 3{,}14.10^{-19}\,J$$

3- عدد الفوتونات:

$$N = \frac{E_{out}}{E_p} = \frac{36\,J}{3{,}14.10^{-19}\,J} = 1{,}15.10^{20}\ photon$$

4- الطاقة الكهربائية المستهلكة عند كفاءة $\eta = 2\%$

المردود $\eta$ يعني $\frac{\text{طاقة الخرج}}{\text{طاقة الدخل}}$ أي

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \Rightarrow E_{in} = \frac{E_{out}}{\eta} = \frac{36\,J}{0{,}02} = 1800\,J$$

مسألة (3): في تجربة خبرية باستخدام ليزر هليوم-نيون بطول موجي $\lambda = 632{,}8\,nm$، تم تسليط الشعاع على شبكة حيود ذات عدد خطوط $N = 600\,mm^{-1}$ وضعت بزاوية بحيث تسقط الأشعة بشكل عمودي على الشبكة، والمطلوب:

1- احسب المسافة بين خطوط الشبكة.
2- عند قياس زاوية الحيود لرتبة الهدب الأول $m = 1$ وجدت $\theta = 23{,}3°$، هل تتفق هذه القيمة مع الطول الموجي لهذا الليزر؟
3- احسب عدد الفوتونات المنبعثة خلال ثانية واحدة إذا كانت

استطاعة الشعاع الليزري $P = 1,5\ mW$ .

الحل:

1- المسافة بين خطوط الشبكة

$$d = \frac{1}{N} = \frac{1}{600\ mm^{-1}} = \frac{1}{600\ (10^{-3}m)^{-1}} = \frac{1}{600 \cdot 10^{3}\ m^{-1}}$$

$$= \frac{1}{6 \cdot 10^{5}}\ m = 1,667 \cdot 10^{-6}\ m$$

2- تُعطى علامة الحيود بما يلي:

$$d \sin\theta = m\lambda \Rightarrow \sin\theta = \frac{m\lambda}{d}$$

$$\sin\theta = \frac{1 \cdot 632,8 \cdot 10^{-9}\ m}{1,667 \cdot 10^{-6}\ m} \approx 0,3796 \Rightarrow$$

$$\theta = \sin^{-1}(0,3796) \approx 22,3°$$

والزاوية المقاسة هي $23,3°$ نلاحظ أن الفرق طفيف وقد يكون ناتجاً عن دقة القياس أو زاوية السقوط غير المثالية.

3- حساب عدد الفوتونات المنبعثة في الثانية

حسب طاقة الفوتون

$$E_p = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}\ J.s \cdot 3 \cdot 10^{8}\ m.s^{-1}}{632,8 \cdot 10^{-9}\ m} = 3,14 \cdot 10^{-19}\ J$$

عدد الفوتونات في الثانية

$$N_p = \frac{P}{E_p} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}\ W}{3,14 \cdot 10^{-19}\ J} = 4,78 \cdot 10^{15}\ \frac{W}{W.s}$$

$$= 4,78 \cdot 10^{15}\ s^{-1}$$

أ.د. أنور الدوري

مكتبة A to Z