

كلية الرياضيات
الفيزياء

رقم الترتيب :

.....:



أكاديمي

:

: فيزياء

بصريات الكترونية

: فيزياء

:

:

دراسة أطياف البور الناتجة عن التسامي بالليزر

من اجل تحديد درجة الحرارة الالكترونية للوسط

نوقشت يوم 2016 /05 /23 .

:

رئيسا

بن طويلة عمر

عباسة حكيمة

بروك لزه

2016 / 2015

إهداء

الحمد لله الذي وفقنا لهذا ولم نكن لنصل إليه لولا فضل الله علينا أما بعد

اهدي هذا العمل إلى من ربياني صغيرا والدي "جمال خالد"

و والدي "فاطمة"

إلى كل من علمني ،واخذ بيدي ،وانار لي طريق العلم والمعرفة

إلى كل من شجعني في رحلتي إلى التميز والنجاح

والى رفيق دربي و سندي في الدنيا زوجي الذي ساعدني على إتمام هذا العمل ولم يبخل عليا بتوجيه

ونصيحة ولا أحصي له

فضلا إلى كل أفراد أسرتي إخواني وأخواتي إلى عائلة زوجي كل واحد باسمه

إلى كل أقاربي دون استثناء

إلى كل من ساندني ،ووقف بجاني

إلى كل من قال لي : لا، فكان سببا في تحفيزي

إلى كل من كان النجاح طريقه ، والتفوق هدفه، والتميز سبيله

إلى كل الأصدقاء والأحباب الذين جمعنا بهم الحياة الجامعية خاصة طلبة تخصص

فيزياء إشعاعية كاشف وبصريات الكترونية دفعة 2016

إلى أساتذتي الكرام

إلى هؤلاء جميعا اهدي ثمرة مجهودي هذا

وفي الأخير أرجو من الله تعالى إن يجعل عملي هذا نفعا يستفيد منه جميع

الطلبة المقبلين على التخرج

شكر وعرفان

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم و المعرفة واعاننا على أداء هذا الواجب

ووقفنا في انجاز هذا العمل

نتوجه بجزيل الشكر والامتنان إلى كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد على

انجاز هذا العمل وفي تذليل ما واجهناه من صعوبات ، ونخص بالذكر الأستاذ

المشرف

"الدكتور " لزهرة بن مبروك "

الذي لم يخل علينا بتوجيهاته ونصائحه القيمة التي كانت عوناً لنا في إتمام هذا العمل

كما أتقدم بالشكر إلى الأستاذ " عمر بن طويلة " على تقبله ترؤس لجنة المناقشة

والى الأستاذة " عباسة حكيمة " على مناقشة هذه المذكرة

واشكر كل من ساهم في انجاز هذا العمل

كما اخص بالشكر والتقدير زوجي "محمد بضياف" الذي ساعدني في إتمام هذا

عمل ووقوفه معي في الأوقات الصعبة . وأتمنى له دوام الصحة والعافية

كما أتقدم بالشكر إلى جميع أساتذتي الأفاضل أساتذة

"قسم الفيزياء"

فهرس

- Erreur ! Signet non défini.....مقدمة
- Erreur ! Signet non défini.....: الفصل الأول:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-1- عموميات على الليزر:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-1- اكتشاف أشعة الليزر:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-2- مكونات جهاز الليزر:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-3- شروط الانبعاث الليزري:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-3-1- توفر الانبعاث الاستحثاثي stimulated Emission:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-3-2- التعداد المعكوس population inversion:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-3-3- التكبير الضوئي light amplification:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-4- خصائص أشعة الليزر:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-4-1- شدة الضوء:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-4-2- أحادية اللون:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-4-3- الترابط:
- Erreur ! Signet non défini.: directionality أو الاتجاهية collimation أو الحزمة الضوئية: توازي الحزمة الضوئية
- Erreur ! Signet non défini.....-1-5- أنواع الليزر:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-5-1- ليزر المواد الصلبة:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-5-2- ليزر أشباه الموصلات:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-5-3- الليزر الغازي:
- Erreur ! Signet non défini.....-1-5-4- الليزر السائل:

Erreur ! Signet non défini.....: تصنيفات الليزر: 6-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: class I الصنف الأول 1-6-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: class II الصنف الثاني 2-6-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: class IIIA الصنف الثالث 3-6-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: class IIIB الصنف الثالث 4-6-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: class IV الصنف الرابع 5-6-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: class V التصنيف الخامس 6-6-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: مجالات استخدام الليزر. /7-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: مجال الصناعة : 1-7-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: مجال الطب: 2-7-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: لمجال العسكري : 3-7-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: مجال البحث العلمي 4-7-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: حالات المادة: 2-1-1-

Erreur ! Signet non défini.....: الحالة الصلبة: 1-1-2-1-

Erreur ! Signet non défini.....: الحالة السائلة: 2-1-2-1-

Erreur ! Signet non défini.....: الحالة الغازية: 3-1-2-1-

Erreur ! Signet non défini.....: البلازما: 4-1-2-1-

Erreur ! Signet non défini.....: ظاهرة التسامي : 2-2-1-

Erreur ! Signet non défini.....: تعريف التسامي: 1-2-2-1-

Erreur ! Signet non défini.....: العوامل المؤثرة في التسامي: 2-2-2-1-

Erreur ! Signet non défini.....: عموميات حول البلازما: 3-1-2-

Erreur ! Signet non défini.....:1-3-1:تاريخ البلازما:

Erreur ! Signet non défini.....:2-3-1:تعريف البلازما:

Erreur ! Signet non défini.....:3-3-1:البلازما الباردة:

Erreur ! Signet non défini.....:4-3-1:خصائص البلازما:

Erreur ! Signet non défini.....:1-4-3-1/التوصيل الكهربائي:

Erreur ! Signet non défini.....:2-4-3-1/التعادل الكهربائي في البلازما:

Erreur ! Signet non défini.....:5-3-1:قوانين التوازن:

Erreur ! Signet non défini.....:1-5-3-1:توزيع ماكسويل بولتزمان:

Erreur ! Signet non défini.....:2-5-3-1:قانون بولتزمان:

Erreur ! Signet non défini.....:3-5-3-1:قانون ساها:

Erreur ! Signet non défini.....:4-5-3-1:قانون بلانك:

Erreur ! Signet non défini.....:6-3-1:نماذج التوازن في البلازما:

Erreur ! Signet non défini.....:1-6-3-1:التوازن الحراري الكلي:

Erreur ! Signet non défini.....:2-6-3-1:التوازن الحراري المحلي:

Erreur ! Signet non défini.....:3-6-3-1:التوازن الحراري الجزئي المحلي:

Erreur ! Signet non défini.....:4-6-3-1:البلازما غير المتوازنة:

Erreur ! Signet non défini.....:7-3-1:اهم المقادير في فيزياء البلازما:

Erreur ! Signet non défini.....:1-7-3-1:طول ديبي Debye length:

Erreur ! Signet non défini.....:2-7-3-1:طول لاندو Landau length:

Erreur ! Signet non défini.....:3-7-3-1:طول موجة ديبروغلي (de broglie) الحرارية:

Erreur ! Signet non défini.....:4-7-3-1:gaz ionisation rate:درجة تايون الغاز:

Erreur ! Signet non défini.electronic sphere radius 5-7-3-1

Erreur ! Signet non défini.:ionic sphere radius 6-7-3-1

Erreur ! Signet non défini.التردد الأيوني للبلازما: 7-7-3-1

Erreur ! Signet non défini.التردد الإلكتروني للبلازما: 8-7-3-1

Erreur ! Signet non défini.[10]: coupling parameter 9-7-3-1

Erreur ! Signet non défini. : LIBS تقنية 4-4-1

Erreur ! Signet non défini. : LIBS مفهوم تقنية 1-4-1

Erreur ! Signet non défini.:libs عمل تقنية 2-4-1

Erreur ! Signet non défini.:مميزات التقنية: 3-4-1

Erreur ! Signet non défini.:الفصل الثاني: 4-4-1

Erreur ! Signet non défini.:1-تعريف الطيف: 1-1-1

Erreur ! Signet non défini.:1-أنواع الأطياف: 1-1-1

Erreur ! Signet non défini.:1-1-1-طيف الانبعاث: 1-1-1-1

Erreur ! Signet non défini.:1-1-1-الطيف المستمر: 1-1-1-1

Erreur ! Signet non défini.:2-1-1-الطيف المنقطع: 1-1-1-2

Erreur ! Signet non défini.:2-1-1-طيف الامتصاص: 1-1-1-2

Erreur ! Signet non défini.:2-التعريضات وإشكال الخطوط: 1-1-1-2

Erreur ! Signet non défini.:1-2-1-دراسة أسباب تعريضات الخطوط الطيفية: 1-1-1-2

Erreur ! Signet non défini.:1-1-2-التعريض الطبيعي: 1-1-1-2

Erreur ! Signet non défini.:2-1-2-تعريض دوبلر: 1-1-1-2

Erreur ! Signet non défini.:3-1-2-التعريض بالتصادمات: 1-1-1-2

- Erreur ! Signet non défini..... الطرق المستعملة لتحليل الأطياف 3-II
- Erreur ! Signet non défini..... شدة الخطوط الطيفية : 1-3-II
- Erreur ! Signet non défini..... شدة الخطوط الطيفية الذرية: 1-3-II
- Erreur ! Signet non défini..... شدة الخطوط الطيفية الجزيئية : 2-1-3-II
- Erreur ! Signet non défini..... تحديد درجة حرارة الإلكترون : 2-3-II
- Erreur ! Signet non défini..... نسبة الشدة بين الخطين: 1-2-3-II
- Erreur ! Signet non défini..... طريقة الرسم التخطيطي لبولتزمان: 2-2-3-II
- Erreur ! Signet non défini..... الفصل الثالث:
- Erreur ! Signet non défini..... شرح التجربة: 1-III
- Erreur ! Signet non défini..... دراسة الأطياف التجريبية : 2-III
- Erreur ! Signet non défini..... رسم الأطياف النظرية للبور وبعض الشوائب المحتملة : 3-III
- Erreur ! Signet non défini..... المقارنة وتحديد الأطياف : 4-III
- Erreur ! Signet non défini..... الملاحظة والاستنتاج: 1-4-III
- Erreur ! Signet non défini..... تشخيص الوسط وحساب درجة الحرارة: 5-III
- Erreur ! Signet non défini..... مناقشة النتائج: 1-5-III
- Erreur ! Signet non défini..... خلاصة عامة.....
- Erreur ! Signet non défini..... المراجع

فهرس الاشكال

- الشكل (1-I): يوضح توضع المرآتات..... Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (2-I): مكونات ليزر الياقوت Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (3-I): انتقال الإلكترون من $E1$ إلى $E2$ Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (4-I): انتقال الإلكترون من $E2$ إلى $E1$ Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (5-I): التعداد المعكوس Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (6-I): عملية الانبعاث التلقائي والانبعاث الاستحثائي Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (7-I): يوضح الأطوال الموجية عند تحليل الضوء باستخدام المنشور Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (8-I): طريقة انتاج البلازما بواسطة تقنية LIBS Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (1-II): يوضح طيف الإصدار Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (2-II): يوضح طيف الامتصاص Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (1-III): التركيب التجريبي لعملية التسامي و تسجيل الاطياف Erreur ! Signet non défini.
- شكل (2-III): طيف البور B التجريبي عند المجال الموجي (من 200 nm إلى 800 nm) .. Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (3-III): طيف البور النظري (BI) Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (4-III): طيف البور النظري (BII) 32
- الشكل (5-III): طيف البور النظري (BIII) 33
- الشكل (6-III): الطيف النظري (CI) 33
- الشكل (7-III): الطيف النظري للكربون (CII) Erreur ! Signet non défini.
- الشكل (8-III): الطيف النظري لـ (OI) 34
- الشكل (9-III): الطيف النظري لـ (OII) 35
- الشكل (10-III): الطيف النظري لـ (OIII) 35
- الشكل (11-III): الطيف النظري لـ (HI) 36

فهرس الجداول

- الجدول(III-1): جدول المقارنة بين الأطياف النظرية والتجريبية 36
- جدول (III-2): معطيات الفيزياء الذرية للانتقالات المختارة 38

مقدمة

مقدمة

إن للأطياف أهمية كبيرة في التعرف على مختلف العناصر المكونة لأي مادة، إذ إن لكل عنصر من العناصر المتواجدة في الطبيعة خاص بها يميزها عن باقي العناصر، حيث انه من خلال دراسة أو تحليل اي طيف ناتج عن بلازما مادة ما، يمكننا :
كيفيا من معرفة العناصر المكونة لتلك المادة أو كميًا من معرفة تركيزها أو درجات حرارتها. و بصيغة اعم، يمكن القول إن دراسة الإشعاع الوارد عن البلازما يعطينا معلومات هامة عن الوسط والمادة المدروسة.

هذا ما تمهدف إليه مذكرتنا هذه وهو دراسة أطياف البور الناتجة عن التسامي بالليزر بالاعتماد تحليل الأطياف الناتجة عن البلازما المشككلة اثر عملية تسامي مادة البور بواسطة أشعة الليزر وذلك بتطبيق تقنية LIBS يقصد بها التحليل الطيفي المستحث بواسطة الليزر وستتطرق إلى شرحها .

تشمل مذكرتنا هذه على ثلاثة فصول:

في الفصل الأول نتحدث بإيجاز عن عموميات حول الليزر (تعريفه، خصائصه، أنواعه...)، كما سنتطرق إلى حالات المادة الأربعة وتحولاتها ومنها التسامي وكذلك سنتحدث بإيجاز عن عموميات حول البلازما (تعريفها، بعض خصائصها، أهم المقادير...)، ونظرا لدور تقنية LIBS في الدراسة سنتطرق إلى إعطاء شرح لها.

في الفصل الثاني سنتحدث عن الأطياف الذرية و عن أنواعها و التعريضات التي تحويها كذا أشكال الخطوط ، كما سنتطرق إلى الطرق الطيفية المستعملة في التحليل الطيفي .

أما الفصل الثالث فهو الجزء العملي في المذكرة ، حيث سنقوم فيه بشرح التجربة وهي تحليل عينة البور باستخدام تقنية LIBS ، ومقارنة الأطياف التجريبية الناتجة مع الأطياف النظرية التي سنقوم برسمها بواسطة برنامج عددي بلغة الفور ترون وذلك اعتمادا على قاعدة المعطيات الدولية للفيزياء الذرية ومنه نحدد العناصر المشعة بالوسط . وباستخدام طريقة حساب نسبة الشدة بين خطين نحدد درجة حرارة الوسط.

الفصل الأول

عموميات حول الليزر، حالات المادة، عموميات

حول البلازما تقنية LIBS

الفصل الأول:

1-1- عموميات على الليزر:

1-1-1- اكتشاف أشعة الليزر :

كلمة ليزر LASER بالإنجليزية هي الحروف الأولى من عبارة Amplification by Stimulated Light Emission of Radiation ، وهي تعني "تضخيم الضوء بواسطة إثارة موجاته الإشعاعية" (7,8). وكان "أينشتين" Einstein أول من تنبأ في عام 1916م بأن الإلكترونات تستطيع أن تطلق نوعاً خاصاً من الضوء، ولكن ذلك لم يحدث إلا في شهر يولييه من عام 1960م، عندما نجح العالم "تيودور ميمان" Maiman .H Theodore ، المهندس بمختبرات شركة "هيويز" Hughes للبحوث بالولايات المتحدة الأمريكية، في توليد شعاع ضوئي قوي نفاذ من ياقوتة حمراء تغطي الفضة طرفيها، ويسقط عليها ضوء غامر من مصباح أنبوبي زجاجي يحيط بها. فعندما سقط ضوء المصباح على الياقوتة أهاج ذراتها، وانبعث منها وميض انتشر إلى طرفيها ليصطدم بالفضة التي عكسته كالمراة، فتردد ذهاباً وإياباً، فزادت قوته وتركيزه، وانطلق شعاع لامع من الضوء الأحمر من نوع غير معهود من قبل. وتذكر بعض المصادر، أن أول جهاز ليزر قد صمم ونفذ عام 1959 بواسطة عالم إيراني يعيش في الولايات المتحدة، وكان جهاز هليوم-نيون، أي أن المادة الفعالة هي خليط من غازي الهليوم والنيون في أنبوبة طولها 4 سم وقطرها 1 سم. وكان العالم الأمريكي "شاولو" قد سبق وأثبت إمكانية الحصول على أشعة الليزر بالحسابات النظرية. [1]

1-1-2- مكونات جهاز الليزر :

جهاز الليزر عبارة عن مصدر للضوء، يعمل على تجميع الإشعاعات الضوئية، التي تتولد داخل الجهاز، وتركيزها، وتقويتها، على شكل حزمة ضوئية رفيعة جداً في اتجاه واحد مركز، وهي أشعة كهرومغناطيسية متجانسة coherent ومتماسكة، وتستطيع قطع مسافات لا نهائية في خط مستقيم. وتتميز بأنها تزداد شدتها، ويقوي بعضها بعضاً عند الانطلاق. [2]

وعملية توليد أشعة الليزر تنتج عن تعريض المواد المختلفة لمصادر إثارة وتغذية خارجية. ويختلف الطول الموجي لأشعة الليزر الناتجة باختلاف المادة التي تنتجها، مع احتفاظها بطبيعتها الأساسية، وخصائصها العامة بوصفها موجة ضوئية، والخصائص العامة للموجات الكهرومغناطيسية. ويتكون جهاز الليزر من ثلاثة أجزاء رئيسية هي:

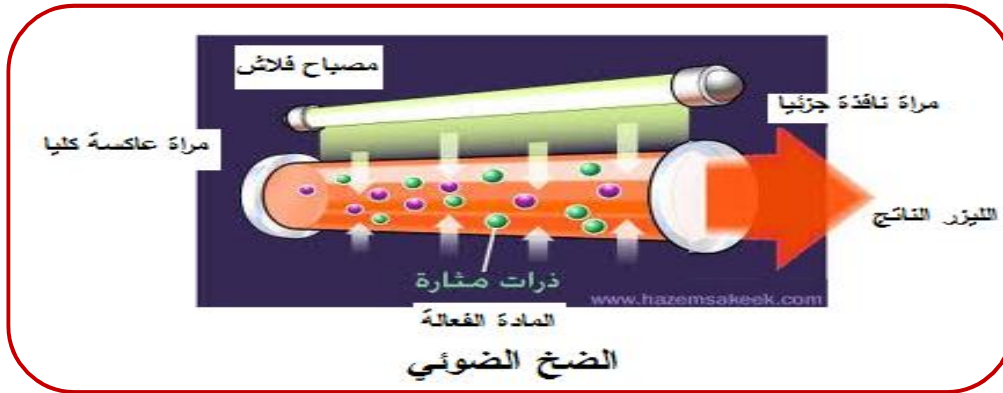
1: الوسط الفعال: وهي التي تنتج أشعة الليزر . وقد تكون في حالة صلبة مثل الياقوت الصناعي أو غازية مثل مادة النيوديم Nudium أو سائلة مثل الهليوم أو النيون، أو ثاني أكسيد الكربون. [3]

2: المرنان (المرآتان): وتقوم المرآتان بمساعدة الفوتونات المنبعثة لتنعكس ملايين المرات في الثانية ذهابا وإيابا , مارة في كل جولة بالوسط الفعال لتحفيز أعداد كبيرة من الذرات المثيجة لي تنبعث فوتونات جديدة أخرى للحصول على حزمة الليزر. و تكون المرآتان مستويتان أو مقعرتان وموضوعتان على التوازي إحدهما عاكسة كليا و الأخرى نافذة جزئيا ، ويتم وضع المادة الفعالة بين هاتين المرآتين و يجب التأكد من تحقق شرط التوازي بشكل دقيق ، لان أي إخلال في هذا الشرط من طاقة أشعة الليزر.



الشكل (I-1): يوضح توضع المرآتان

3: الضخ: حيث تقوم الطاقة الضاخة بإثارة الذرات المستقرة في الوسط الفعال لتنتقل إلى المستويات المثيجة لكي يتحقق التوزيع العكسي المناسب الذي يضمن توليد الليزر. وهناك ثلاثة تقنيات للضخ وهي (الضخ الضوئي ,الضخ الكهربائي , الضخ الكيميائي).



الشكل (I-2): مكونات ليزر الياقوت [4]

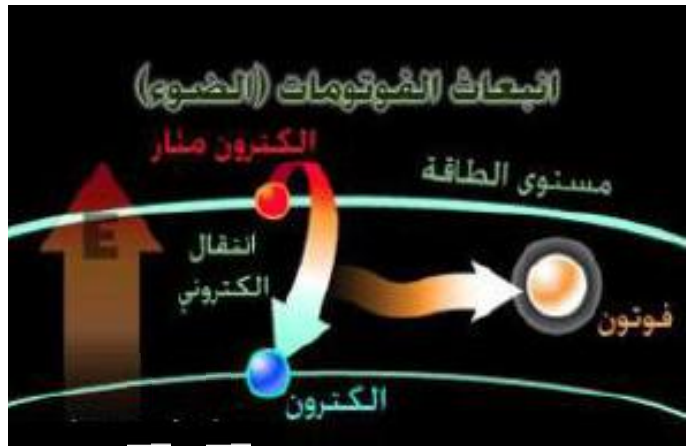
1-1-3- شروط الانبعاث الليزري :

1-1-3-1- توفر الانبعاث الاستحثاثي stimulated Emission :

في الظروف العادية تكون غالبية الذرات في مستوى الطاقة الاقل، وعدد قليل منها يكون في المستويات العليا. والذرات التي تكون في حالة تهيج تنبعث فوتونات تلقائيا، ولتخلص من حالة التهيج والنزول إلى مستويات طاقة اقل تكون هذه العملية عشوائية الحدوث، والفتونات المنبعثة لا تكون مترابطة مع بعضها البعض (اي لا تكون بنفس الطور)[1]



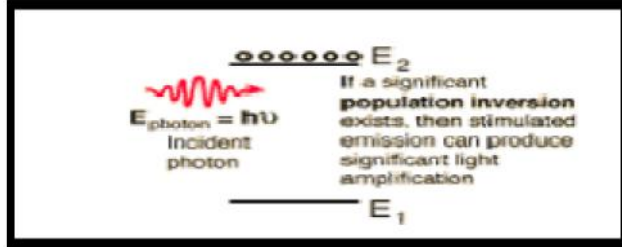
الشكل (3-I): انتقال الإلكترون من E_1 إلى E_2 [5]



الشكل (4-I): انتقال الإلكترون من E_2 إلى E_1 [5]

1-3-2- التعداد المعكوس population inversion :

يتطلب انبعاث أشعة الليزر العمل على زيادة عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا أي زيادة تعددها عن الحالة الطبيعية، وعندما يكون عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا أكثر من عدد الذرات في مستويات الطاقة الدنيا نستطيع القول بأنه حصل انقلاب في التعداد وهو ما سميناه بالتعداد المعكوس [2].



الشكل (I-5): التعداد المعكوس [4]

1-3-3- التكبير الضوئي light amplification :

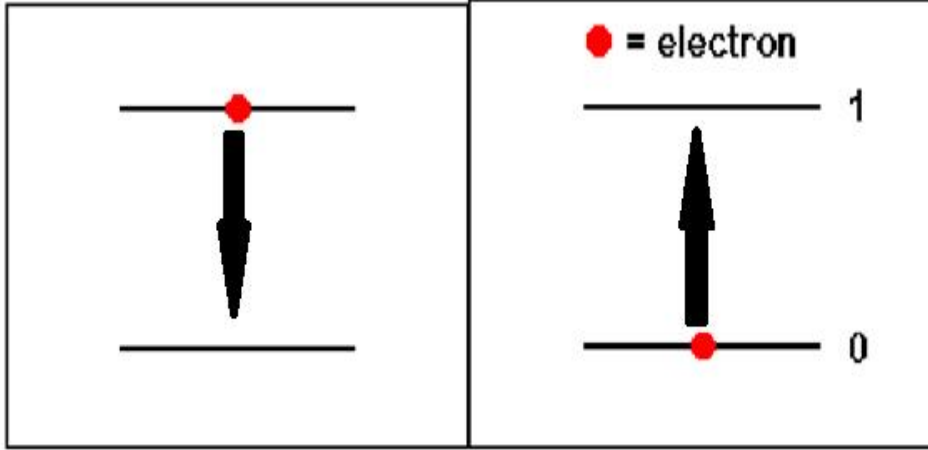
يجب إن يضخ الوسط المادي من مصدر طاقة بحت الذرات و الجزيئات على التهييج، أي الارتفاع إلى مستوى طاقة اعلي لا تتواجد فيه عادة تحت الظروف الطبيعية، وتكون مايسمى بالتعداد المعكوس ، والذي فيه تكون غالبية ذرات و جزيئات المادة في مستويات الطاقة العليا بدلا من المستويات المنخفضة ، و بعدها ينبعث الشعاع الليزري بواسطة الانبعاث المحث وعمليات التكبير الضوئي.

1-4-1- خصائص أشعة الليزر:

لشعاع الليزر خصائص عديدة تميزه عن باقي مصادر الإشعاع الكهرومغناطيسي وهي :

1-4-1-1- شدة الضوء:

شدة الضوء عالية ومركزة في حزمة ذات قطر ضيق لا يتجاوز الواحد مليمتر، وعند استخدام البصريات الملائمة يمكن تعريضها وفق الحاجة، بالإضافة إلى إننا نستطيع تركيزها في بقعة صغيرة تملك قدرة كافية density power [6]



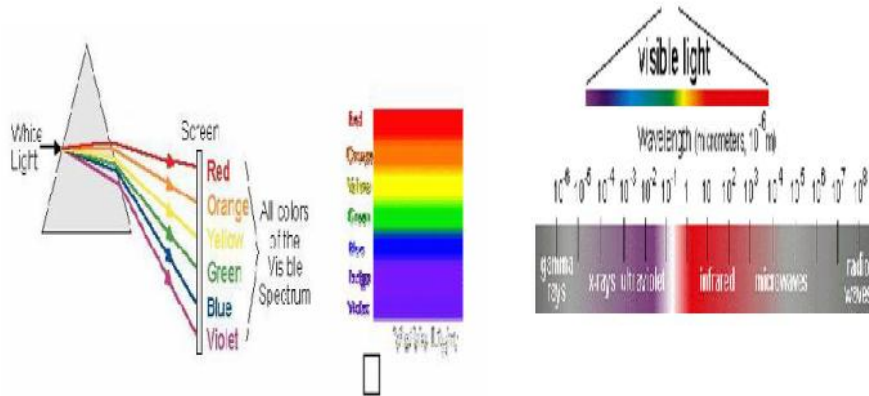
الانبعاث الاستحثاثي

الانبعاث التلقائي

الشكل (I-6): عملية الانبعاث التلقائي والانبعاث الاستحثاثي [1]

1-1-4-2 أحادية اللون:

وتعني أن له عرض طيفي ضيق ينتج عنه تردد منفرد نقي وهذه الصفة الموجبة كانت تتميز بها أشعة الراديو دون سواها. [6]



الشكل (I-7): يوضح الأطوال الموجية عند تحليل الضوء باستخدام المنشور [6]

1-1-4-3 الترابط :

ويجب أن يكون بين موجات الحزمة عالي جدا ومتوازن وهذا يساعد الموجات الضوئية أو الفوتونات في تقوية بعضها البعض لتعطي طاقة وقدرة عالية للحزمة , ويكون هذا الترابط إما بناء وفرق الطور بين الموجات يساوي الصفر أو هدام وفرق الطور بين الموجات يختلف عن الصفر. [1]، [6]

1-4-4-1 توازي الحزمة الضوئية collimation أو الاتجاهية directionality :

الضوء الصادر عن الليزر له اتجاه واحد يجود مهملاً. [6]

1-5-1-1 أنواع الليزر :

هناك أنواع مختلفة من أشعة الليزر، تختلف في طولها الموجي، وبالتالي في بعض خواصها. وأهم أنواع الليزر المعروفة حتى الآن هي:

1-5-1-1-1 ليزر المواد الصلبة :

هو الليزر الذي ينتج بواسطة مادة أو خليط من المواد الصلبة ، و من أشهرها ليزر الياقوت وليزر النديميوم الزجاجي النديميومياج وتتميز هذه الليزر عادة بقدرة خرج عالية وتكون أطوالها الموجية في منطقة تحت الحمراء. [2]

1-5-1-2 ليزر أشباه الموصلات:

هو الليزر الذي ينتج بواسطة مادة أو خليط من المواد الصلبة ، و من أشهرها ليزر الياقوت وليزر النديميوم الزجاجي النديميومياك وتتميز هذه الليزر عادة بقدرة خرج عالية وتكون أطوالها الموجية في منطقة تحت الحمراء. [1]

1-5-1-3 الليزر الغازي:

وهو يعتمد على مادة غازية مثل النيون والهليوم و غاز ثاني أكسيد الكربون ويمكن تشغيلها بنمط نبضي ونمط مستمر أو يتراوح مدى طول الموجة لهذه الليزر الغازية بين الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي الأشعة تحت الحمراء ، وأشهرها ليزر الهليوم-نيون ، ليزر ثاني أكسيد الكربون، ليزر أيونات الأرقون. [2]

1-5-1-4 الليزر السائل:

يتكون الوسط الفعال عادة من جزيئات أصباغ عضوية مذابة عضوية، كصبغة الرودامين مذابة في محلول كحولي وينتج ليزر يمكن التحكم في الطول الموجي الصادر عنه، يتم الحصول على ليزر الصبغة في منطقة تحت الحمراء، ومن أشهرها ليزر أبخرة المعادن ، ليزرات كيميائية، ليزرات الإلكترونات الحرة. [5]

1-6-1-1 تصنيفات الليزر :

1-6-1-1-1 الصنف الأول class I :

هذا يعني أن الشعاع الليزر وطاقته منخفضة ولا يشكل درجة من الخطورة.

1-1-6-2 الصنف الثاني class II : هـ

ذا التصنيف يشير إلى أن الليزر يضر العين إذا نظرنا في اتجاه الشعاع ,ويستخدم في السوبر ماركت كماسح ضوئي ,وتبلغ طاقة الليزر الذي يندرج تحت هذا التصنيف 4mw.

1-1-6-3 الصنف الثالث class IIIA :

هذا يشير إلى ليزر ضوئي مرئي وطاقته لا تتعدى 1mw.

1-1-6-4 الصنف الثالث class IIIB :

طاقة هذا الليزر من المتوسط.

1-1-6-5 الصنف الرابع class IV :

وهي أنواع الليزر ذات الطاقة العالية ,وتصل إلى 500mw للشعاع المتصل بينما ليزر النبضات فتقدر طاقتها 10j/cm وتشكل خطورتها على العين وعلى الجلد واستخدام هذا الليزر يتطلب من التجهيزات وإجراء الوقاية.

1-1-6-6 التصنيف الخامس class V :

هو ذات طاقة عالية جدا وتستخدم في الأغراض الصناعية ولاشتغل المنظومة إلا عند توفر كافة شروط السلامة ومن المؤكد إن الأضرار التي يسببها هذا الصنف من الليزر تكون بليغة.

1-1-7 مجالات استخدام الليزر

1-1-7-1 مجال الصناعة :

ويستخدم في هذا المجال الليزر النبضي الذي يوفر حرما ذات طاقة عالية ويستخدم في نطاق واسع: [1]

-يستخدم في قطع المعادن الصلبة.

-وفي لحام المعادن

1-1-7-2 مجال الطب:

تعددت استخدامات الليزر في مجال الطب واتسعت [1]

فاستخدمت في طب العيون وطب الأسنان وإزالة الأورام السرطانية.

1-1-7-3 المجال العسكري :

يستخدم الليزر كذلك في الرادارات العسكرية لتحديد الهدف.

1-1-7-4 مجال البحث العلمي

: تعتبر أشعة الليزر آلة فريدة في مجال البحث العلمي ولها دور كبير في فتح حقول جديدة وتوسيعها في مختلف العلوم، كدراسة سلوك تفاعل أشعة الليزر مع المواد الصلبة ، كما يمكن استخدام الليزر مصدرا طيفيا عالي النقاوة لدراسة طيف امتصاص المواد وتطبيق هذه التقنية يمكن إثارة بعض الجزيئات وفصلها عن مركباتها الكيميائية ومثال على ذلك استخدام الليزر في دراسة طيف مان الذي يعتمد على تشتت حزمة الليزر نتيجة لاصطدامها بجزيئات المادة ومن بين تطبيقاتها هو إحداث التسامي من اجل تحديد نسب تركيب المواد الصلبة.

1-2 حالات المادة:

للمادة عدة حالات قادرة على تحديد الهيئة التي تتواجد عليها, حيث يوجد حالات رئيسية ثلاثة للمادة وهي: الصلبة, والسائلة, والغازية, إلى جانب حالات أخرى غير شائعة كشيوع الحالات السابقة, كون هذه الحالات هي الأكثر

انتشارا بين البشر , أما الحالات الأخرى فهي تنحصر على مجال العلماء فقط, وفي ما يلي تفصيل حالات المادة. [7]

1-1-2-1- الحالة الصلبة:

هي الحالة التي تكون ذرات المادة فيها مترابطة بشكل كبير جدا, بحيث لا يمكن فصلها عن بعضها البعض بسهولة كما في باقي الحالات, مما يجعلها صلبة وقاسية, إلا إن ذلك لا يعني إن الذرات في هذه المادة لا تتحرك, بل على عكس من ذلك فهي دائمة الحركة إلا إن هذه الحركة غير ملحوظة, ولا يمكن للإنسان تتبعها. ومن الأمثلة على المواد الصلبة الصخور, والأخشاب, وما إلى ذلك.

1-2-1-2- الحالة السائلة:

هي الحالة التي تكون فيها القذرات مترابطة مع بعضها البعض , ومتقاربة, إلا أنها قادرة على التحرك الحر, والتدفق السلس, إما الفرق بينها وبين الحالة الصلبة فيمكن في أن قدرة ذرات المادة السائلة على الانتقال من مكان إلى مكان آخر. وللمواد السائلة العديد من الخصائص, كما تتخذ السوائل أشكال الأوعية التي توضع فيها, ومن أهم السوائل الماء.

1-2-1-3- الحالة الغازية:

هي الحالة التي تكون فيها الروابط بين الذرات في اضعف حالاتها , حيث يمكن لها إن تتحرك في مختلف الاتجاهات , والغاز ليس له شكل أو حجم محدد, ومن هنا فانه من السهولة ضغط الغازات, وتجميعها في اصغر الأماكن .

1-2-1-4-البلازما:

من حالات المادة المميزة , حيث توصف بأنها الغاز المتأين الذي تكون فيه الالكترونات حرة الحركة, وليس لها ارتباط بأي ذرة أو جزيء, وللبلازما خصائص معينة اختصت بها.

ويمكن للمادة إن تتحول من حالة إلى حالة أخرى بظاهرة ماء[7]

أ:التحول من الحالة الصلبة إلى السائلة تسمى بظاهرة الانصهار.

ب:التحول من الحالة السائلة إلى الغازية تسمى بظاهرة التبخر.

ج:التحول من الحالة الغازية إلى السائلة تسمى بظاهرة التكثيف.

د:التحول من الحالة السائلة إلى الصلبة تسمى بحالة التجمد.

:التحول من الحالة الصلبة إلى الغازية تسمى بظاهرة التسامي وهذه الظاهرة سنتطرق إليها في موضوعنا

1-2-2-ظاهرة التسامي :

1-2-2-1تعريف التسامي:

التسامي أو التصعد sublimation هو تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة . [7]

1-2-2-2-العوامل المؤثرة في التسامي:

الضغط (العلاقة العكسية) اي كلما نقص الضغط زاد التسامي.

درجة الحرارة (العلاقة طردية) اي كلما زادت درجة الحرارة زاد التسامي.

1-3-3-عموميات حول البلازما:

1-3-1-تاريخ البلازما:

إن أول من أطلق مصطلح الحالة الرابعة للمادة هو الإنجليزي "SIR WILLIAM GROOKES" عام 1879م لوصف القسم المتأين من الانفراغات الغازية وقد علل مصطلحه هذا على الشكل التالي(3) :تتحول الحالة الصلبة بالتسخين إلى السائلة وباستمرار التسخين يتحول إلى الغاز, وعند رفع درجة حرارة الغاز إلى حد معين يصل إلى $100000k$ [8], تزداد طاقته الحركية إلى الحد الذي يؤدي إلى تصادمها مع بعضها البعض فيحدث تحر الالكترونات وايونات موجبة الشحنة.

استخدم مصطلح البلازما بداية من قبل " Langnuir " سنة 1928م كي يعبر عن المناطق متساوية الكمون داخل أنابيب الحاوية غازا مايننا متعادلا كهربائيا. بعد ذلك استخدم هذا المصطلح بصفة خاصة في فيزياء الفلك للتعبير عن حالة مخففة للمادة تشبه الغاز, لكنها مؤلفة من الكترولونات وايونات موجبة , وبتناسب معين يجعل الوسط إجمالا متعادلا كهربائيا. [9]

1-3-2- تعريف البلازما:

يمكن الافتراض إن البلازما هي خليط مكون من ثلاث عناصر الكترولونات حرة [8], وايونات موجبة أو سالبة, وذرات معتدلة أو جزئيات [6], والغاز المتأين يحوي عددا كبيرا من جسيمات مشحونة, وتجذب نفسها الكترولونات الصغيرة, وإنها تجمع لجسيمات متؤينة, تتفاعل جماعيا بالقوى الكهرومغناطيسية بعيدة المدى والمرتبطة بشحنتها وحركاتها. [2]

و للبلازما ثلاث أنواع وهي البلازما الحارة، البلازما الحرارية، والبلازما الباردة وهذه الأخيرة سنتطرق إليها:

1-3-3- البلازما الباردة :

تمثل البلازما الحالة الرابعة للمادة، وهي عبارة عن غاز مؤين، حيث تشير البلازما الباردة للغازات ضعيفة التأين، وتحتوي على شحنات سالبة (الكترولونات وأيونات سالبة)، شحنات موجبة (أيونات موجبة) وجسيمات محايدة [14]

تميز بعدة خصائص كهربائية تسمح لنا بتفسير الظواهر الفيزيائية على مستوى البلازما كدرجة التأين، درجة الحرارة الإلكترونية، الكثافة الإلكترونية، طول ديبي

1-3-4- خصائص البلازما :

1-4-3-1 التوصيل الكهربائي:

بما إن البلازما غاز عالي التأين يضم عددا هائلا من الجسيمات المشحونة المتحركة بحية بداخلها، فإنها تعد موصلا جيدا للكهرباء. تتبادل هذه الجسيمات المشحونة التأثير مع الحقل الكهرومغناطيسي الموضعي، كما إن الحركة المنظمة لها تحدث تيارات كهربائية وتغيرات لكثافة الشحنة، تؤدي إلى نشوء حقول كهرومغناطيسية.

1-4-3-2 التبادل الكهربائي في البلازما:

إحدى الصفات المهمة في البلازما هي نزعتها لتبقى متعادلة كهربائيا، أي ميلها إلى توازن الشحنة الفراغية السالبة مع الشحنة الفراغية الموجبة في كل جزء من الحجم العيني. وإن أي اختلاف بسيط في كثافة الشحنة الفراغية يسبب نشوء قوى كهروستاتيكية قوية تؤثر في اتجاه إعادة التبادل، من جهة أخرى إذا تعرضت البلازما إلى حقل كهربائي خارجي فإن كثافة الشحنات الفراغية تنتظم نفسها بحيث يحجب الجزء الأعظم من البلازما من تأثيرات هذا الحقل. [10]

1-3-5- قوانين التوازن:

1-3-5-1- توزيع ماكسويل بولتزمان:

$$F(v)d(v) = 4\pi v^2 \left(\frac{m_e}{2\pi T}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{m_e v^2}{2K_B T}\right) \quad (1-I)$$

حيث: K_B ثابت بولتزمان .

m_e : كتلة الإلكترون .

T : درجة حرارة بالكلفن

1-3-5-2- قانون بولتزمان :

$$\frac{N_i}{N_0} = \frac{g_i}{g_0} \exp\left[-\frac{E_i - E_0}{K_B T}\right] \quad (2-I)$$

حيث:

N_0 : كثافة الذرة في الحالة الأساسية ذات طاقة E_0 .

N_i : كثافة الذرة في الحالة المثارة ذات طاقة E_i .

g_0 و g_i : تمثل درجة التوالد

1-3-5-3- قانون ساها:

$$\frac{N_e N_i}{N_0} = \frac{g_e g_i}{g_0} \left(\frac{2\pi m_e K_B T}{h^2}\right) \exp\left(-\frac{E_i}{K_B T}\right) \quad (3-I)$$

حيث: m_e : كتلة الإلكترون .

K_B : ثابت بولتزمان.

h : ثابت بلانك .

g_e, g_i, g_0 : هي الوزن الإحصائي منها للإلكترونات و الأيونات و الذرات المحايدة

g_e, g_0 تعتمد على الأنواع الذرية و لكن دائما $g_e = 2$ (حالتيين سبين)

1-3-5-4- قانون بلانك:

يعبر قانون بلانك عن كمية الطاقة، يشع في وحدة الزمن ولكل وحدة مساحة من الجسم الأسود في درجة حرارة T في إتجاه معين.

هذه الكمية تتوافق مع الإنارة الطيفية التي تعتمد على درجة الحرارة T والطول الموجي .

يتم إعطاء وصف الإشعاع الطيفي من الجسم الأسود عند درجة حرارة T ، القانون من قبل بلانك [11]

$$I_{\nu} = \frac{8\pi h \nu^3}{c^2} \left(\exp\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right) - 1 \right)^{-1} \quad (4-I)$$

1-3-6: نماذج التوازن في البلازما:

1-6-3-1 التوازن الحراري الكلي :

تتميز البلازما ذات التوازن الحرارية الكلي بنفس درجة الحرارة T لجميع الأنواع المشكل لهاته البلازما.

في وسط ذو توازن حراري كلي، تكون الظواهر التصادمية الإشعاعية مجهرية عكسية. كل عملية يقابلها عملية معاكسة لها حيث يتميز الوسط بدرجة حرارة وحيدة. تكون الجسيمات موزعة حسب توزيع سرعات ماكسويل. ونتيجة لهاته المميزات يمكن أن تحقيق مجموعة من القوانين.

تسمح هذه القوانين بإعطاء كل تفاصيل الكثافات ولا تتعلق إلا بطاقة كل عنصر معتبر.

وفي هذه الظروف، تكون قوانين التوازن صالحة في أي نقطة:

- قانون ماكسويل -بولتزمان.
- قانون بولتزمان.
- قانون بلانك.
- قانون ساها saha.

1-6-3-2 التوازن الحراري المحلي :

في كل البلازما، في بعض الظروف تعرف بحالة توازن حراري محلي. نفرض درجة حرارة T المحلية تكون معرفة في هذه النقطة من البلازما. كل القوانين تكون صالحة في هذه الحالة ماعدا قانون بلانك [12]

1-3-6-3 التوازن الحراري الجزئي المحلي:

عند كثافة منخفضة جدا (خصوصا كثافة الإلكترونات)، عدد الاصطدامات في وحدة الزمن ليست كافية لتحقيق توازن مجهري عكسي لكلا المستويين. كون قانون بولتزمان لا يتحقق إلا في الحالات الأكثر إثارة (القريبة من التآين) [13]. مستويات الطاقة المجاورة للمستوى الأساسي لديها عمر إشعاعي من شدة قصره لمقارناً بتصادمين بين إلكترون-محايد، و بالتالي الانتقال من حركة الإلكترونات، (قانون Saha و بولتزمان)؛ بالعكس أما في المستويات العليا التي تقع تحت المستوي الأول للأيون لأنها تخضع لعدد أكبر من التصادمات في الحالات المنخفضة تكون في توازن تصادمي مع الإلكترونات.

و قانون بولتزمان، الذي نضع فيه $T_e = T_{exc}$ ، تسمح بتحديد شدة كثافة . بالتوازي. درجة حرارة الغاز (أساسية تلك المتعلقة بالذرات في الحالة الأساسية لأنها الأكثر عدداً)، نضع T_g حيث $T_e \leq T_g$ [12].

1-3-6-4 البلازما غير المتوازنة:

يعرف بأنه وسط لا يحقق أي قانون من قوانين التوازن الحراري

1-3-7-3 اهم المقادير في فيزياء البلازما :

1-7-3-3 طول ديبياي Debye length:

وهو الطول الحرج للتفاعل المتبادل الكلي ويحدد بـ [10]

$$\lambda_D = \left(\frac{KT}{4\pi e^2 n_e} \right)^{\frac{1}{2}} = 6.9 \sqrt{\frac{T}{n_e}} \quad (5-I)$$

حيث : n_e الكثافة الالكترونية

1-7-3-2 طول لاندو Landau length :

وهو الطول الحرج للتفاعل الثنائي، r_e ويحدد بـ: [10]

$$KT = \frac{e^2}{r_0} \Rightarrow r_0 = \frac{e^2}{KT} \quad (6-I)$$

حيث :

K: ثابت بولتزمان

e : الشحنة الالكترونية

T : درجة الحرارة المطلقة

1-3-7-3 طول موجة ديبروغلي (de broglie) الحرارية:

يعطى هذا الطول تقديرا لطبيعة الموجة الكمية لجسيمات البلازما ويعرف بـ [10]

$$= \left(\frac{2\pi h^2}{mkT} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7-I)$$

حيث:

m: كتلة الجسيم

$$h: \text{ثابت بلانك المختزل} = \frac{h}{2\pi}$$

1-3-7-4 درجة تأين الغاز gaz ionisation rate:

تكون الغازات في حالاتها العادية عازلة كهربائيا ، وتصير موصلة اذا اخضعت لحقول كهربائية شديدة . تعطى درجة تأين الغاز بـ [10]

$$= \frac{n}{n_0+n} \quad (8-I)$$

حيث :

n_0 : الكثافة العددية للجسيمات المحايدة للشحنة .

n : الكثافة العددية للإلكترونات

1-3-7-5 نصف قطر الكرة الالكترونية electronic sphere radius:

وهو يميز البعد المتوسط بين الكترونيين ويستخرج من :

$$\frac{4}{3} \pi r_e^3 n_e = 1 \Rightarrow r_e = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi n_e}} \quad (9-I)$$

حيث :

n_e : الكثافة الالكترونية

1-3-7-6 نصف قطر الكرة الأيونية ionic sphere radius:

وهو يميز البعد المتوسط بين ايونين ، ويستخرج من:

$$\frac{4}{3} \pi r_i^3 n_i = 1 \Rightarrow r_i = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi n_i}} \quad (10-I)$$

حيث :

n_i : الكثافة الايونية

1-3-7-7 التردد الأيوني للبلازما:

$$\pi_i = \sqrt{\frac{4\pi(z e)^2 n_i}{m_i}} \quad (11-I)$$

حيث: Ze شحنة الايون ،

n_i : الكثافة الايونية

m_i : كتلة الايون

1-3-7-8 التردد الالكتروني للبلازما:

$$\pi_i = \sqrt{\frac{4\pi e^2 n_e}{m_e}} \quad (12-I)$$

حيث: Ze شحنة الايون

n_e : الكثافة الالكترون

m_e : كتلة الالكترون

1-3-7-9 معامل التزاوج coupling parameter [10]:

لمعرفة التزاوج بين جسيمات البلازما في الجملة ، فإننا ننظر إلى معامل التزاوج ، وهو يمثل النسبة بين الطاقة الكامنة المتوسطة والطاقة الحركية المتوسطة للجسيمات :

$$= \frac{\text{الطاقة الكامنة المتوسطة للجسيم لتفاعله مع جسيم مجاور}}{\text{الطاقة الحركية المتوسطة له}} \quad (13-I)$$

$$= \frac{e^2}{kT r_e} \text{ فهو للالكترونات :}$$

$$'_{ii} = \frac{(Ze)^2}{kT r_i} \text{ وللأيونات:}$$

$$r_{ei} = \frac{(Ze)^2}{kTr_{ei}}$$

$$r_{ei} = \frac{r_e + r_i}{2}$$

حيث :

K : ثابت بولتزمان

T : درجة الحرارة المطلقة

4-1: تقنية LIBS :

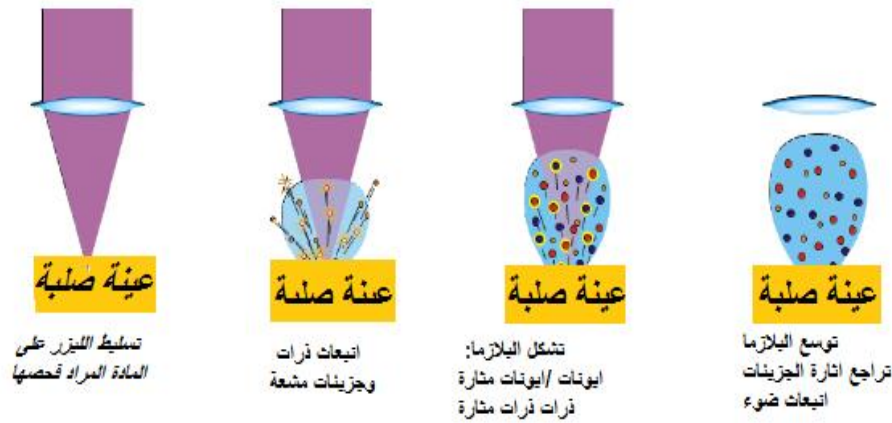
1-4-1: مفهوم تقنية LIBS :

التحليل الطيفي المستحث بواسطة الليزر أو ما يعرف بـ LIBS (Laser-induced breakdown spectroscopy) تعتبر تقنية متقدمة ومهمة. حيث يمكن بها تحليل المواد الصلبة والسائلة والغازية والحصول على نتائج بسرعة كبيرة، [16] بدون إن تسبب اي ضرر يذكر للعينة. هذا فحسب، بل إنها ممكن إن تعمل على مسافة أكبر نسبيا من التقنيات الأخرى التي تتطلب إحضار العينة إلى المختبر لتحليلها. فعلى سبيل المثال يمكن استخدام libs للكشف على الأسطح الملوثة بالإشعاع النووي. حيث يمكن تثبيت جهاز الليزر على بعد أمتار من جدران المفاعل النووي والحصول على نتائج مرضية. وتسمح هذه التقنية العمل خلف جدار واقى من الإشعاع بالاعتماد على المرايا والعدسات لتوجيه شعاع الليزر للمنطقة المراد فحصها. كما يمكن تطبيق هذه التقنية في مجالات عدة مثل الطب [17]، [18] والمجال العسكري [19]، وكذلك على اي نوع من المواد كالمسائل [20]، [21] (H_2O ، وسط مائي،...) الغازية [22]، [23] (غاز الهليوم، الهواء، CO_2) الصلبة [24]، [25] (رش السطح، المواد، البيولوجية، المواد الصلبة).

2-4-1: فكرة عمل تقنية libs:

تقوم تقنية على تسليط نبض الليزر على المادة المراد دراستها حيث تقوم بتبخيرها لتتحول الى بلازما اذ ان التحليل الطيفي للضوء المنبعث يسمح بتحديد التكوين الكيميائي لعناصر المادة.

ان تفاعل شعاع الليزر النبضي المرتفع يصل في نفس المكان الى مليارات من الواط في كل cm^2 حيث يقوم بتسخين قوي جدا للمساحة المسلط عليها وبعد ذلك يكون هناك تبخر لتتشكل البلازما .



الشكل (I-8): طريقة انتاج البلازما بواسطة تقنية LIBS

تقوم الذرات والايونات المثارة المنبعثة في مستويات الطاقة العليا ببعث أطيايف مكونة من أشعة ذرية بعد عودتها إلى المستويات الأقل طاقة حيث يسمح الطول الموجي بتحديد العناصر الموجودة وشدتها في تركيز الذرات المنبعثة. كما أنها تنقص من تركيب عناصر المادة.

يمكن تحديد العناصر بطرق مختلفة إلا أن الطريقة الأكثر انتشاراً تعتمد على مقارنة القياسات بعينات أخرى مشابهة (على سبيل المثال صخور من نفس التكوين) حيث تكون مكوناتها معروفة وتم قياسها بتقنية أخرى مغايرة.

تعتبر هذه الطريقة ممكنة التحقق في المخبر. إلا أن الأمر مغاير تماماً إذا كانت خارج المخبر لأن المواد المراد تحليلها تكون غير معروفة في أغلب الأوقات. وبالتالي فإنه من الضروري البحث عن طرق جديدة لمعالجة الإشارة تسمح بربط شدة أشعة الانبعاث بمكونات المادة من دون الرجوع عينات معروفة من قبل [2].

يمكن اعتبار الطيف الكلي كذلك كـ (بصمة رقمية) للعينة. حيث تسمح بعض الطرق المتقدمة في معالجة المعطيات بتحديد المواد بسرعة عن طريق الطيف LIBS.

1-4-3 مميزات التقنية:

1-LIBS هي تقنية تحليل للعناصر تتيح لنا إمكانية التطبيق الأحادي فهي تسمح بقياسات من دون ملامسة الأسطح، كما إنها غير مدمرة أو مخزبة للمادة.

2- وتتوافق بشكل جيد مع التحليل عن بعد أو الخطي أو الموضوعي وذلك من دون أخذ عينة مسبقاً أو تحضيرها فهي تقنية سريعة جداً تستغرق بضع ثواني إلى دقائق كحد أقصى لإعطاء النتائج ويرجع الوقت المستغرق إلى ظروف التجربة المختلفة [26] ككل الطرق المعتمدة على دراسة الأطيايف فإن LIBS يسمح بالقيام بتحليل متعدد للعناصر في نفس الوقت.

3-قادرة على تحليل المواد الصلبة والسائلة والغازية والهواء الجوي بحيث إن الأجهزة المستعملة في عملية التحليل يمكن إن تكون محمولة . بل أكثر من ذلك إذ يمكن حملها حتى في السيارة وذلك يعتمد على مجال تطبيقها ومدى احتياجنا لها .

4-يمكن لتقنية LIBS إن لا يناسب ما نصبو إليه في بعض الحالات كوجود العينة في محيط صعب أو يكون اخذ العينات شاقا أو مستحيلا مثل وجودها في درجات حرارة عالية أو أماكن فيها مواد مشعة أو حتى أثناء الاكتشافات الفضائية

الفصل الثاني

الأطياف الذرية

الفصل الثاني:

1-II-1 تعريف الطيف:

الطيف ناتج عن تشتت شعاع ذو طاقة إلى أطوال موحية حيث نسمي الإشعاع الصادر عن الذرات بالطيف الذري حيث استطاع بوهر عام 1913م وضع نظرية لذرة الهيدروجين والتي بموجبها فسر الطيف المنبعث من الذرة، ويختلف الطيف باختلاف المصدر والوسط الذي ينتشر في الشعاع. [27]

1-II-1 أنواع الأطياف:

1-II-1-1 طيف الانبعاث:

عندما تمتص العناصر كمية كافية من الطاقة فإنها تعطي طيفاً يُسمى طيف الانبعاث فلو سُخن عنصر ما باللهب ، أو بواسطة قوس كهربائي فإن الطاقة التي يمتصها هذا العنصر تؤدي إلى تهيج ذرات بمعنى أن هذه الطاقة التي سلطت على ذرات العناصر أدت إلى اختلاف مواضع الإلكترونات في تلك القذرات ، أو بعبارة أخرى فإن ذرات العنصر تحتوي في الظروف العادية على أقل كمية من الطاقة فهي مستقرة ، لذلك تُسمى هذه الحالة بحالة الاستقرار ، أو الحالة الأساسية Grounds State أما إذا تعرضت لكمية من الطاقة فإن الإلكترونات وخصوصاً الموجودة منها بعيداً عن النواة تمتص كمية من هذه الطاقة مما يجعله يُقذف إلى مستوى طاقة أعلى من المستوى الذي كان عليه ، وفي هذه الحالة يُقال أن الذرات في حالة تهيج Excitation State وعندما تعود الذرات من حالة التهيج إلى حالة الاستقرار ثانية بعد زوال المؤثر الخارجي " الطاقة " فإنها تطلق الطاقة التي امتصتها على هيئة إشعاع يكون في بعض الأحيان في مجال الضوء المرئي وفي البعض الآخر يكون على هيئة إشعاع غير مرئي ، وأياً كانت الحالة فإن الإشعاع المنطلق هذا يُسمى طيف الانبعاث ، وإذا مر هذا الطيف خلال موشور (مطياف) فإنه يتحلل إلى مكوناته من موجات [27]، [28]



الشكل (1-II-1): يوضح طيف الإصدار [27]

ويوجد نوعان من طيف الانبعاث هما: الطيف المستمر والطيف غير المستمر (الطيف المتقطع) .



الشكل (II-2): طيف الامتصاص [27]

II-2-التعريضات وإشكال الخطوط:

II-2-1-دراسة أسباب تعريضات الخطوط الطيفية:

أسباب تعريضات الخطوط الطيفية كثيرة، ومع ذلك يمكن تصنيفها إلى ثلاث فئات رئيسية:

1. F. التعريض بواسطة الإشعاع: التعريض الطبيعي.

2- التعريض بواسطة فعل دوبلر.

3- التعريض بواسطة التصادم.

II-2-1-1-التعريض الطبيعي:

كلاسيكيا: سببه يمكن في كبح لحركة الإلكترون المهتز الذي يفقد طاقته عند الإشعاع.

كميا: تعريض المستويات سببه يتعلق بمدة حياة محدودة للمستويات الذرية، حيث إننا لا نستطيع تحديد الزمن والطاقة في أن واحد (مبدأ الارتباب لهيزنبرغ)

$$E_j = \frac{\hbar}{\tau_j} \quad (1-II)$$

الذرات تستطيع أن تتأثر على الانتقال من الحالة المثارة (α) إلى الحالة المثارة (b) بطاقة منخفضة، الحالة (α) لا يمكن اعتبارها حالة مستقرة والخطوط الطيفية غير متناهية الدقة لكن لديها توزيع لتواترها، واحتمال العثور على ذرة تصدر في الحالة تعطى [30]، [31]:

$$P_j = \frac{1}{\tau_j} \times \exp(-t) \quad (2-II)$$

: دالة الموجة التي تصف حالة الذرة عند الحالة المثارة j .

: يمثل معدل الانبعاث.

الدالة $\psi_j(\mathbf{r}, t)$ يمكن التعبير عنها بجزئين احدهما موضعي والاخر زميني على النحو التالي:

$$j(\mathbf{r}, t) = U(\mathbf{r}) \times \exp\left(\frac{-iE_j t}{\hbar}\right) \quad (3-II)$$

حيث :

E_j : طاقة الذرة عند الاصدار في الحالة j

بفرض إن الاهتزاز يبدأ عند الزمن $t=0$ وتوزيع الطاقة يعطى بالعلاقة التالية:

$$E(\omega) = \frac{1}{2\pi} f^*(\omega) f(\omega) \quad (4-II)$$

$$f(\omega) = A \int_0^{+\infty} e^{-i(\omega-\omega_0)t - \frac{\gamma}{2}t} dt \quad (5-II)$$

ω_0 : التواتر الطبيعي المشع.

دالة التوزيع تعطى بالشكل:

$$E(\omega) = \frac{1}{2\pi} \frac{A^2}{(\omega-\omega_0)^2 + \frac{\gamma^2}{4}} \quad (6-II)$$

شدة الإشعاع اللورنتزية تاخذ الشكل :

$$I(\omega) = \frac{\gamma}{2\pi} \frac{1}{(\omega-\omega_0)^2 + \frac{\gamma^2}{4}} \quad (7-II)$$

عرض نصف الخطوط يعطى بالمعادلة:

$$I(\omega_1) = I(\omega_2) = \frac{I(\omega_0)}{2} \quad (8-II)$$

II-2-1-2-تعريض دوبلر :

أصل فعل دوبلر هو حركة الذرات والايونات المرسله (تحرك ذرات المرسل).

وهو اول وصف دقيق قدمه رايلي في 1889م. حيث لاحظ ذرات المصدر تتحرك بسرعة v في اتجاه يصنع زاوية θ مع الاتجاه

الملاحظ، ويسجل تواتر (ω) وتعطى عبارته كالتالي:

$$\omega = \omega_0 \left(1 - \frac{v}{c} \cos \theta\right) \quad (9-II)$$

حيث:

ω_0 : التواتر المتعلق بالمصدر .

C: سرعة الضوء في الفراغ.

من خلال العلاقة (9-II) نحصل على:

$$\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} = \frac{\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{v}{c} \cos \theta = \frac{v_x}{c} \quad (10-II)$$

إذا كان الوسط يتميز بدرجة حرارة T ويفرض دالة توزيع السرعة لماكسويل نكتبها من الشكل :

$$W(v_x)dv_x = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{v_x^2}{v_0^2}\right) \frac{dv_x}{v_0} \quad (11-II)$$

حيث :

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = kt \quad v_0 \text{ نعرفها بالعلاقة}$$

m: كتلة ذرات المصدر.

K : ثابت بولتزمان.

بوضع $\omega_D = \frac{v_0}{c}$ توزيع الشدة في خطوط الطيف من الانتقال $j \rightarrow i$ فنحصل على شكل دوبلر الغاوسي وعبارته تأخذ الشكل التالي:

$$I(\omega)d\omega = W\left(c \frac{\Delta\omega}{\omega_D}\right) d\omega \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left[-\left(c \frac{\Delta\omega}{\omega_D}\right)^2\right] \quad (12-II)$$

$I(\omega)$: توزيع غوسيان لتواتر ω

يعتبر تعريض دوبلر صغير عموماً بالمقارنة مع التعريض الذي سببه التصادم.

II-2-1-3-التعريض بالتصادمات :

إن السبب الأساسي تعريض خطوط الطيف هو الاضطراب الناجم عن الذرات وذلك يختلف جزئياً المشحونة وغير مشحونة، وفي هذه الحالة يحدث التعريض بواسطة التصادم يمكن تقسيمه إلى ثلاث أقسام:

1- التعريض بالرنين: وذلك بواسطة اضطراب الجزيئات غير المشحونة (المعتدلة) اي ذات النوع لذرات المصدر .

2- تعريض فاندرفالز: بواسطة اضطراب الجزيئات غير المشحونة مع مختلف أنواع ذرات المصدر (تفاعل ذرة من نوع A ذرة من نوع B).

3- تعريض ستارك: سببه تفاعل الجسيمات المشحونة (ايونات والكاترونات) مع ذرات المصدر. ويتم التعبير عن هذا التفاعل بواسطة تأثير حقل ضعيف (micro-champ) ايوني و الكتروني مع ذرات المصدر . الحقل E يعمل على اضطراب مستويات الطاقة الذرية لتصل إلى أدنى المستويات . هذا الطرح يعمل على تحلل مستويات الطاقة الذرية إلى عدة مستويات. [30]، [32]

$$s[A^0] = 2W \left(\frac{n_e}{10^{16}} \right) + 3.5A \left(\frac{n_e}{10^{16}} \right)^{\frac{1}{4}} \left[1 - BN_D^{\frac{1}{3}} \right] 2W \left(\frac{n_e}{10^{16}} \right) \quad (13-II)$$

وإذا كان الوسط ذو ضغط منخفض نسبيا فان الطيف ياخذ الشكل اللورنتزي [33].

3-II الطرق المستعملة لتحليل الأطياف

1-3-II شدة الخطوط الطيفية :

1-1-3-II شدة الخطوط الطيفية الذرية:

لا تتميز الخطوط الطيفية بالترددات المنقولة فقط ولكنها تتميز أيضا بالشدة التي بهم. وشدة الخط الطيفي الموافقة للانتقال من المستوى الأولي إلى المستوى النهائي، وتعطى من قبل القانون الكلاسيكي :

$$I_{if} = N_i A_{if} h \nu_{if} = N_i A_{if} h \frac{c}{\lambda_{if}} \quad (14-II)$$

$$N_i = \frac{Ng_i}{B(T)} \exp \left(\frac{-E_i}{k_B T} \right) \quad (15-II)$$

حيث:

A_{if} : احتمال انتقال (معامل اينشتاين).

ν_{if} : نبض هذا (تردد).

N_i : عدد الذرات المثارة في وحدة الحجم .

h : ثابت بلانك.

$B(T)$: دالة التوزيع.

I_{if} : الشدة ويعبر عنها بـ $(W/ \text{ }^3)$

II-3-1-2- شدة الخطوط الطيفية الجزيئية :

إن الانتقال من حالة تتميز بإعداد الكم (n', v', j') إلى حالة تتميز بإعداد الكم (n'', v'', j'') ، وشدة الخطوط الطيفية المنبعثة خلال هذه المرحلة الانتقالية هي الطاقة المنبعثة في وحدة الزمن (4π) استراديانو تعطى المعادلة بـ:

$$I_{n'',v'',j''}^{n',v',j'} = h\nu_{n',v',j',n'',v'',j''} A_{n',v',j',n'',v'',j''} N(n',v',j') \quad (16-II)$$

حيث:

h : ثابت بلانك.

$N(n', v', j')$: كثافة المرسل (^{-3})

$A_{n',v',j',n'',v'',j''}$: احتمالية الانتقال (s^{-1})

$\nu_{n',v',j',n'',v'',j''}$: العدد الموجي للانتقال (n', v', j') إلى (n'', v'', j'') بـ: cm^{-1}

$I_{n'',v'',j''}^{n',v',j'}$: الشدة ويعبر عنها بـ: $(W/ \text{ }^3)$

II-3-2 تحديد درجة حرارة الإلكترون :

هناك عدة طرق لتحديد درجة حرارة الإلكترون ونذكر منها : نسبة الشدة بين الخطين و الرسم التخطيطي بولتزمان .

II-3-2-1 نسبة الشدة بين الخطين:

تتم هذه الطريقة بين انتقالين شعاعين في شروط من توازن مستويات الطاقة الحرارية المحلية (توازن ترموديناميكي محلي) لدرجة حرارة معينة.

وفقا للمعادلة (II-1) يمكننا أن نستنتج درجة الحرارة التي تنبعث من نوع الإشعاع المرسل. نستخدم نسبة شدة بين الخطين

(1) و(2) من نفس النوع.

$$\frac{I_{ij}}{I_{kl}} = \frac{g_i \cdot A_{ij} \cdot \lambda_{kl}}{g_k \cdot A_{kl} \cdot \lambda_{ij}} \exp\left(\frac{E_k - E_i}{kT}\right) \quad (17-II)$$

$$KT(ev) = \left(\frac{(E_k - E_i)}{\ln \left(\frac{I_{ij} \cdot g_k \cdot A_{kl} \cdot \lambda_{ij}}{I_{kj} \cdot g_i \cdot A_{ij} \cdot \lambda_{kl}} \right)} \right) \quad (18-II)$$

II-3-2: طريقة الرسم التخطيطي لبولتزمان:

يتم تقييم درجة حرارة الإثارة (T_{exc}) من قياس شدة الخط الطيفي للانبعاث الضوئي (I_{if}) المتعلقة بالانتقال من المستوى i إلى المستوى f . على افتراض أن عدد السكان في المستويات الذرية يحقق توزيع بولتزمان ، وتعطى شدة الخطوط الطيفية ب:

$$I_{if} = \frac{hcng_i A_{if}}{\lambda B(T_{exc})} \exp \left(- \frac{E_i}{T_{exc}} \right) \quad (19-II)$$

حيث:

h : ثابت بلانك .

c : سرعة الضوء في الفراغ .

$B(T_{exc})$: هي دالة التوزيع.

A_{if} : هو الطول الموجي الموافق للانتقال [34]

الفصل الثالث

التحليل الطيفي

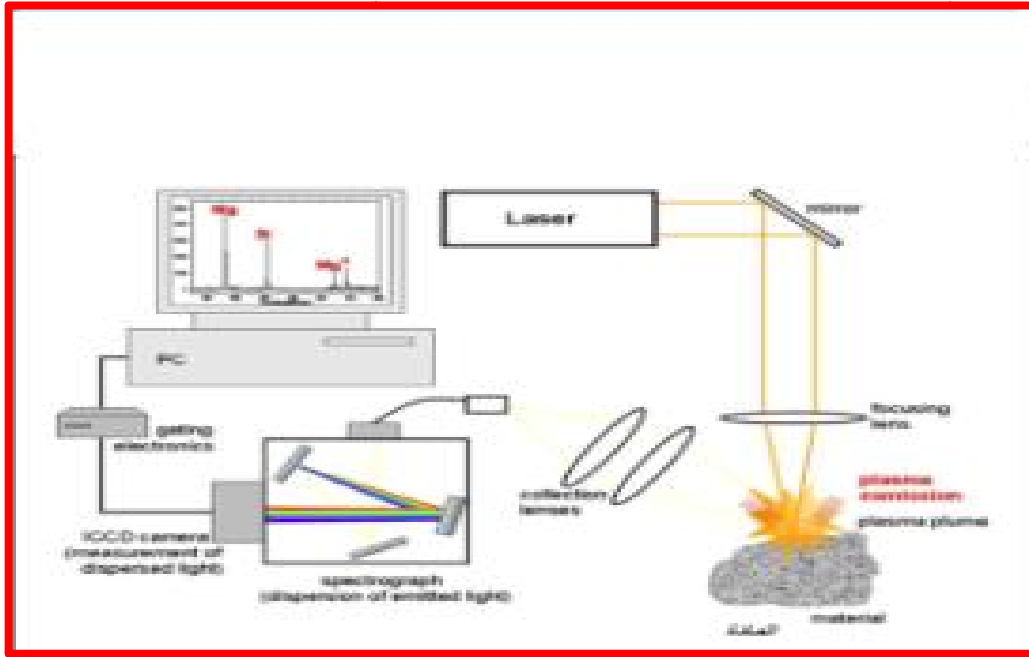
الفصل الثالث:

ستتطرق في هذا الفصل إلى تحليل الأطياف التجريبية الصادرة عن الوسط الذي تشكلت به البلازما نتيجة تسامي المادة الصلبة بواسطة الليزر، وذلك انطلاقاً من تحضير قاعدة المعطيات الذرية للبور وبعض الشوائب مثل (الكربون، الأوكسجين، الهيدروجين)، وكتابة وتنفيذ البرنامج الرقمي بلغة الفورترن وحساب الأطياف النظرية ورسمها ومقارنتها مع الأطياف التجريبية، وقبل أن نقوم بهذا سنتطرق أولاً إلى توضيح التجربة التي من خلالها تحصلنا على الأطياف التجريبية المراد دراستها ونفرض إن الوسط في حالة توازن محلي.

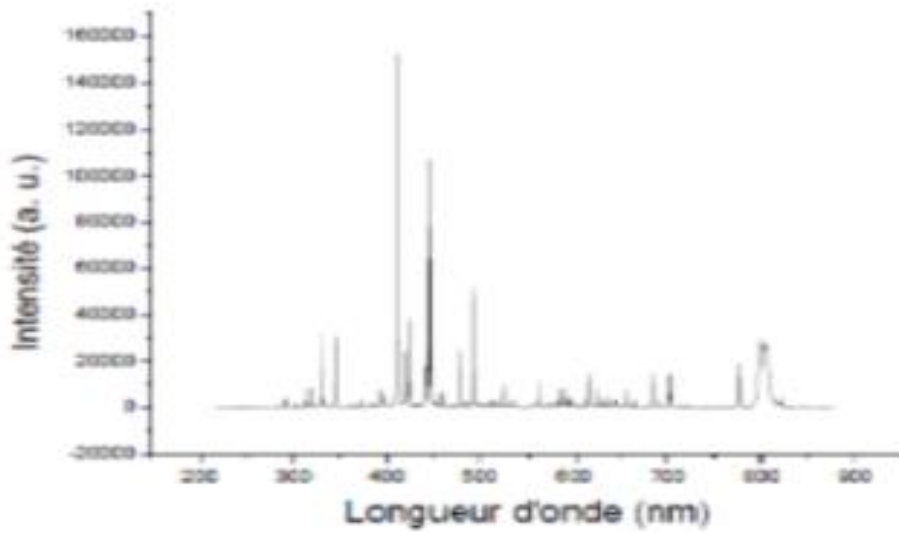
III-1 شرح التجربة:

تعتمد هذه التجربة على تقنية التحليل الطيفي المستحث بواسطة الليزر (LIBS) الشكل (III-1) يوضح التركيب التجريبي للتقنية ويتكون من أربعة أجزاء رئيسية (جهاز ضخ الليزر، مرآة، العدسة، الألياف البصرية، الكاميرا LCCD، المطياف، جهاز كمبيوتر)، حيث يسقط ضوء الليزر على العينة الصلبة وهي البور (B) وهذا الليزر يتم ضخه بواسطة مصباح فلاش ذو تردد 20Hz، واستخدم في هذه التجربة ليزر نيديوم ياج Nd:yag ذو الطول الموجي 1.064 nm إذ يعمل هذا الأخير بنظام نبضات تحمل طاقة في حدود 10 إلى 100 ملي جول وتعتبر هذه الطاقة كافية لانتزاع بعض الجسيمات من المادة أي تفكيك روابط عينة البور، حيث أن كل نبضة تصل إلى العينة يكون لها زمن يتراوح بين 5 إلى 20 نانوثانية. ويمر هذا الليزر عبر عدسة لتقوم بتجميعه على عينة البور لأنه كلما كان تركيزه أكبر كلما كانت الطاقة اللازمة لانتزاع الجسيمات من العينة أقل أي تتحول عينة البور من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة وهذا ما يعرف بالتسامي.

تكون الجسيمات المنتزعة من العينة على شكل غاز متأين وتشكل ما يعرف بسحابة البلازما، وبعد فترة زمنية في حدود الميكروثانية تتمدد سحابة البلازما وتبدأ الإلكترونات في الاسترخاء وتنتقل إلى المدارات الأرضية مطلقه فتوتات تعرف باسم طيف الانبعاث، تسقط هذه الفتوتات الضوئية على عدسات تجمعها وتركزها على نظام من الألياف البصرية فتقوم هذه الأخيرة بنقل الضوء إلى المطياف حيث يحتوي المطياف على منشور يعمل على تشتيت الضوء حسب طوله الموجي فيقوم الكمبيوتر بتسجيل الطيف بكاميرا ورسمه لدراسته والشكل (III-2) يوضح الطيف المتحصل عليه. [16]



الشكل (III-1): التركيب التجريبي لعملية التسامي و تسجيل الاطياف [16]



شكل (III-2): طيف البور B التجريبي عند المجال الموجي (من 200 nm إلى 800 nm) [35]

III-2 دراسة الأطياف التجريبية :

لدراسة الأطياف التجريبية الناتجة عن العينة نقوم برسم أطياف البور و الشوائب نظريا وذلك انطلاقا من قاعدة معطيات الفيزياء الذرية وباستخدام البرنامج العددي الذي تم اعداده بلغة الفور ترون وهذا البرنامج مبني على المعادلات التالية:

توزيع ماكسويل بولتزمان

توزيع بولتزمان

قانون ساها

قانون دالتون

قانون الحصيعة الحيادية للبلازما

قانون انحفاظ المادة

التعريض الطبيعي

تعريض دوبلر

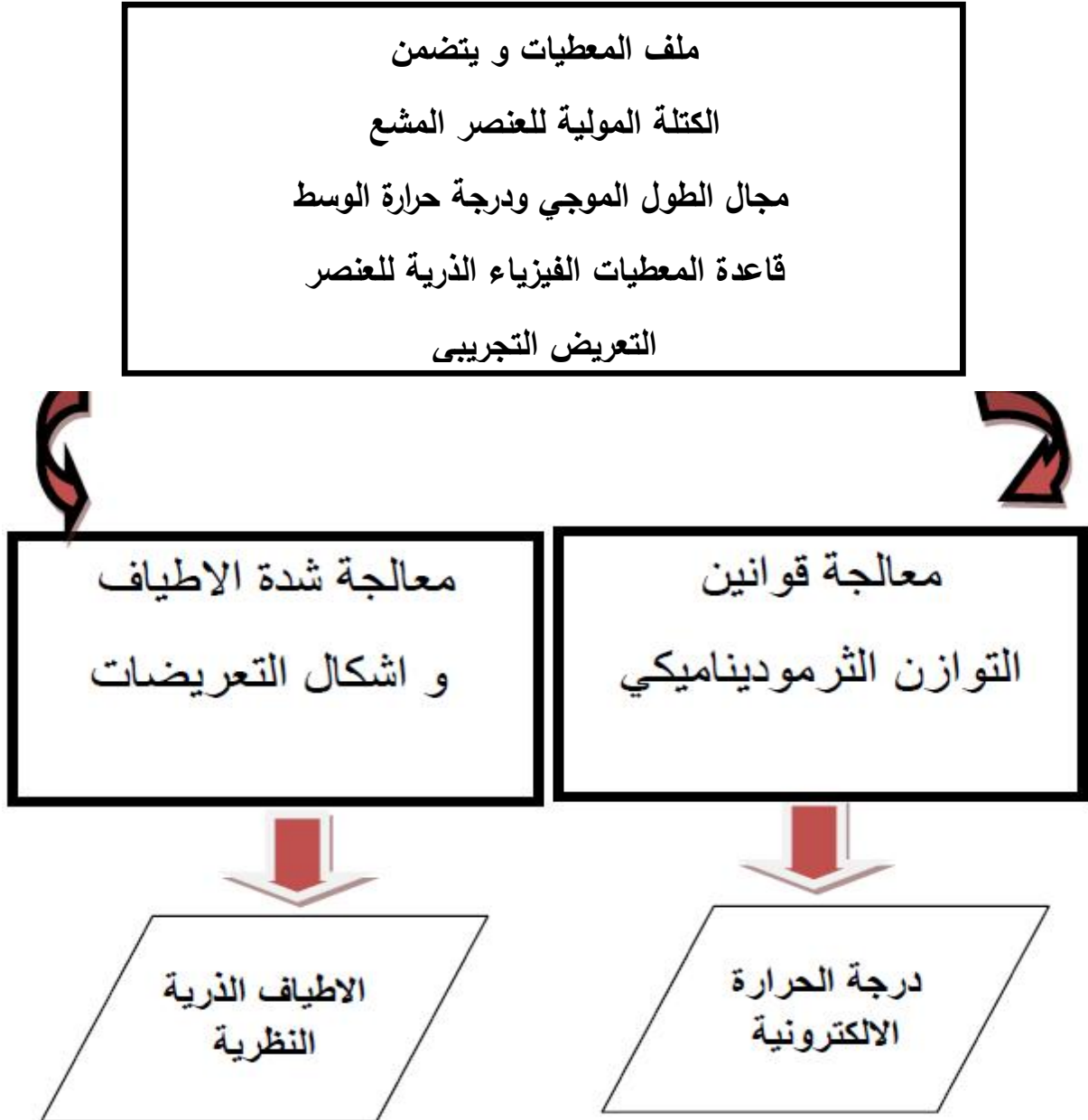
مفعول ستارك

تعريض التصادمات

التعريض التجريبي شكل غاوص

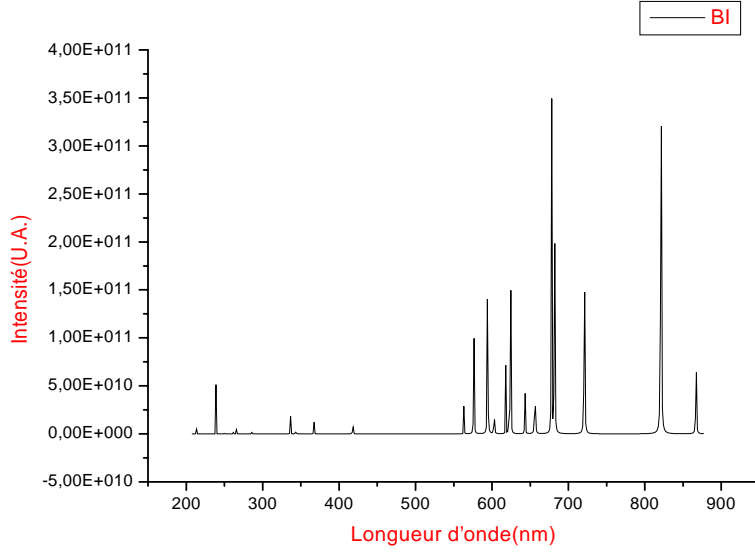
التعريض التجريبي شكل لورنتوز

قانون التعريض المركب

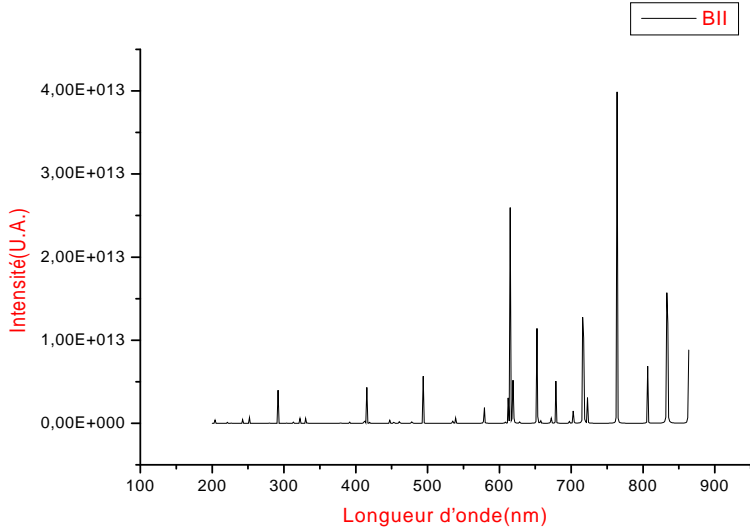


III-3 رسم الأطياف النظرية للبور وبعض الشوائب المحتملة :

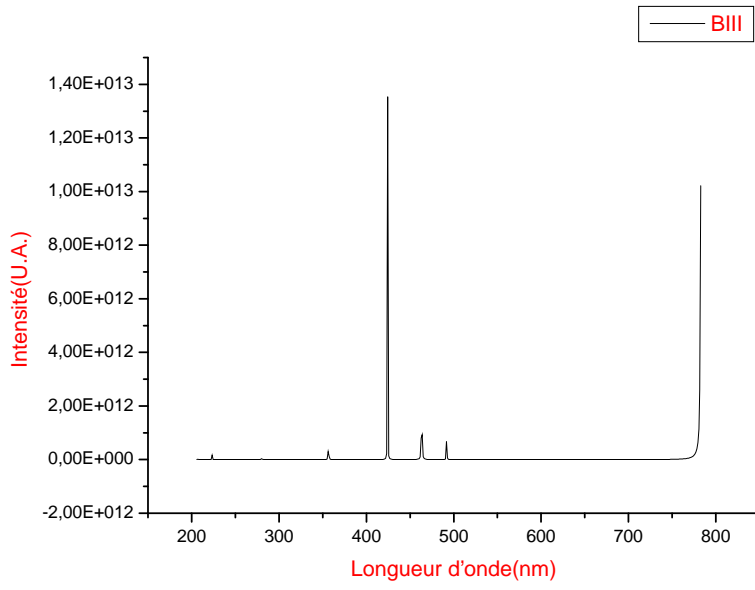
نقوم برسم الأطياف النظرية للبور BI وكذلك BII, BIII وبعض الشوائب المتوقع وجودها في العينة بالاعتماد على قاعدة المعطيات الدولية للفيزياء الذرية [33] وبفرض إن الوسط في حالة توازن ترموديناميكي محلي



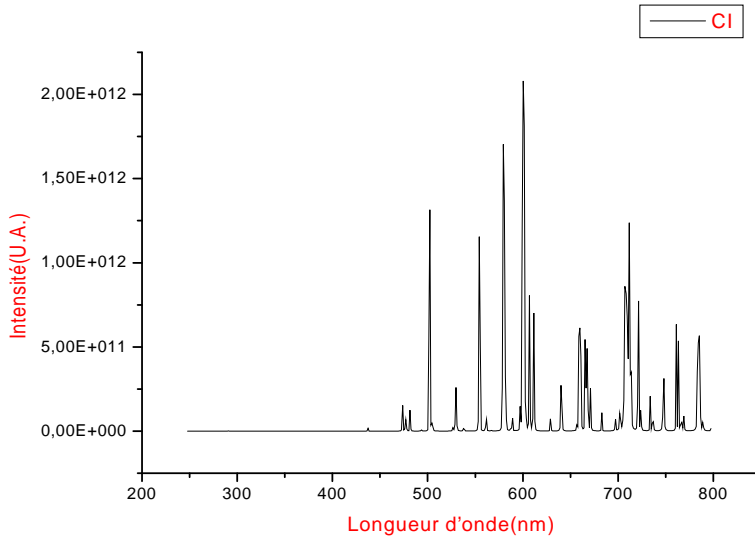
الشكل (III-3): طيف البور النظري (BI)



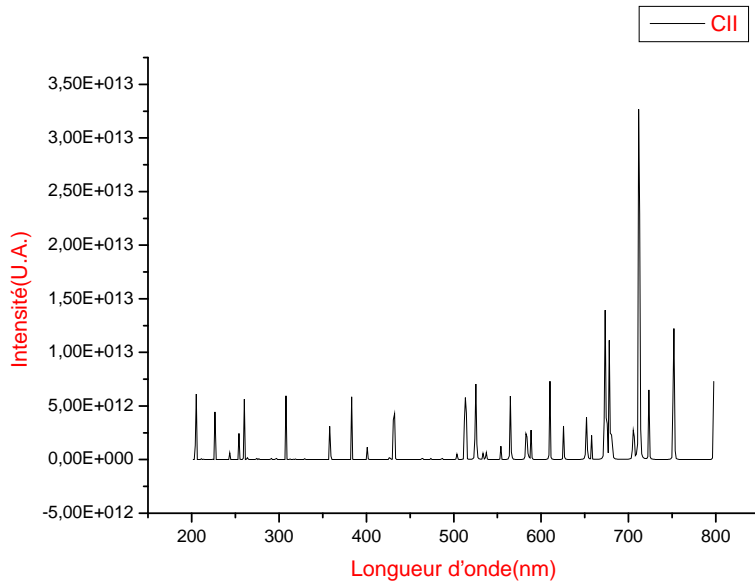
الشكل (III-4): طيف البور النظري (BII)



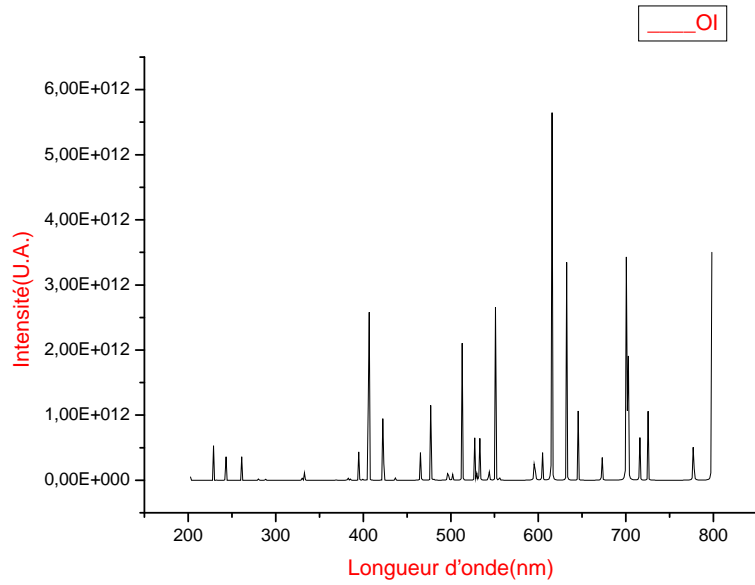
الشكل (III-5): طيف البور النظري (BIII)



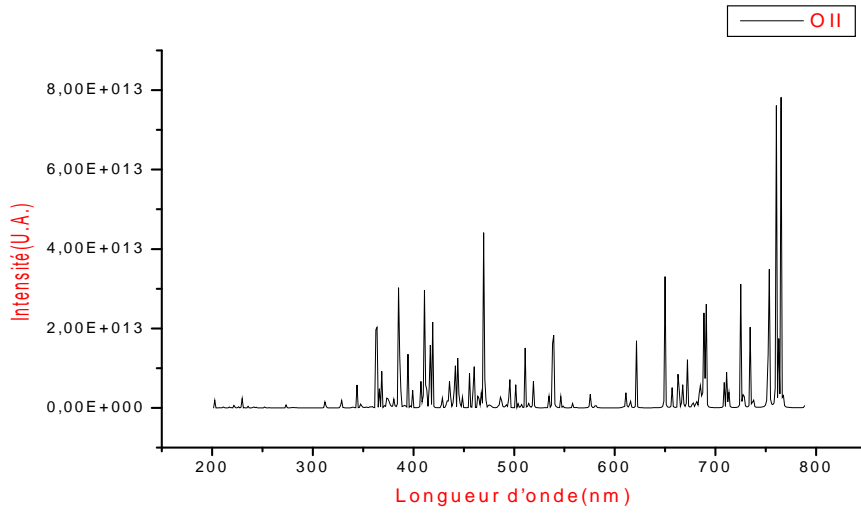
الشكل (III-6): الطيف النظري (CI)



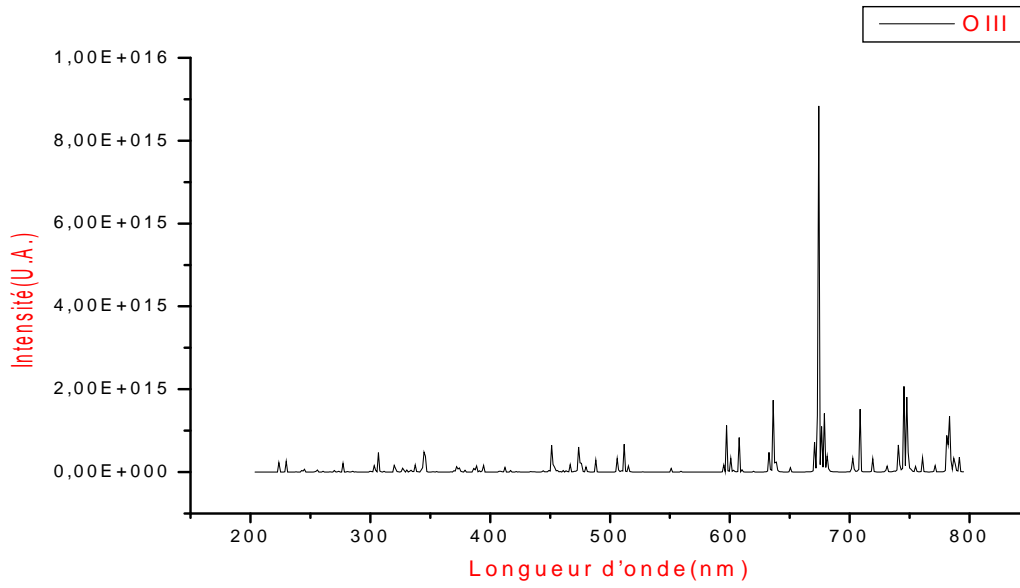
الشكل (III-7): الطيف النظري للكربون (CII)



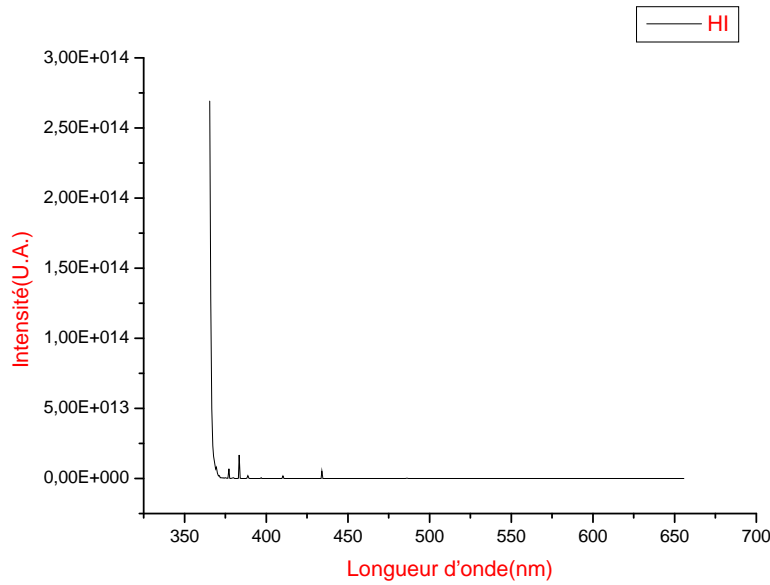
الشكل (III-8): الطيف النظري لـ (OI)



الشكل (III-9): الطيف النظري لـ (OII)



الشكل (III-10): الطيف النظري لـ (OIII)



الشكل (III-11): الطيف النظري لـ (HI)

III-4 المقارنة وتحديد الأطياف :

عند مقارنة الأطياف النظرية التي قمنا برسمها بواسطة البرنامج العددي وفق مجال الطول الموجي وبالاعتماد على قاعدة المعطيات الذرية [36] لاحظنا وجود تطابق بعض الأطياف النظرية للبور وبعض الشوائب المتوقعة والجدول (III-1) التالي يوضح هذه العناصر:

الجدول (III-1): جدول المقارنة بين الأطياف النظرية والتجريبية

العنصر	الطول الموجي (λ, nm)	الشدة التجريبية (exp) (cm)
BI , OIII	340	1.2
OII	535	1.1
OII	410	6
BIII	424	1.4
OIII	450	4.2
OI, CI	480	1
BIII, OII	491	2.5
BII,	617	0.6

BI, CI	677	0.7
BI, CI	720	0.5
BIII	356	1.2
BI	563	0.5
BI	656	0.3
CI, OII	775	0.7
OIII, CI	710	0.4
HI	365	0.2
CII	392	0.7
BIII, CI	784	0.8
CI, OII	550	0.2
CII, BII	565	0.1

III-4-1 الملاحظة والاستنتاج:

من الجدول نلاحظ إن أكثر الأطياف النظرية المطابقة للطيف التجريبي هو طيف البور العادي (BI) و يوجد كذلك البور (BII)،(BIII) و يوجد بعض الشوائب مثل الكربون (CII)، (CI) و الهيدروجين (HI) وكذلك تواجد الأكسجين بنسبة معتبرة (OIII) (OII) (OI)

ومنه نستنتج إن عنصر البور العادي (BI) هو المكون الأساسي للعينة بالإضافة الى بعض الحالات المؤينة هي نتيجة للطاقة العالية المسلطة على الوسط, اما بقية العناصر فعتبر شوائب.

III-5 تشخيص الوسط وحساب درجة الحرارة:

هناك عدة طرق تطبق من اجل تحليل الأطياف (كما ذكرنا سابقا في الفصل I)، و من بينها سنطبق في عملنا هذا طريقة بولتزمان التي تعتمد على حساب نسبة الشدة ما بين طيفين, ومن اجل دقة النتائج و لتفادي التقريبات في حساب دوال التوزيع للعناصر المتواجدة بالوسط سنختار طيفين من نفس النوع و من نفس الحالة.

و بما إن لدينا تطابق تام بين طيف البور التجريبي وطيف البور النظري عند الطول الموجي (656nm) (563nm) ولا يوجد تداخل بين الأطياف عند هذين الطولين و وجود تباعد بين طاقة الانتقالين فاننا سنعمد على هذين الطيفين لاستنتاج درجة الحرارة الالكترونية لبلازما الوسط المتشكلة.

الجدول(III-2):معطيات الفيزياء الذرية للانتقالات المختارة

الطول الموجي	$\overline{A_{ki}A_{ik}}$ (10^{-1})	f_{ik}	E_i (eV)	E_k (eV)	g_i	g_k	العنصر	
563.30717	2.25 e+05	2.14 e -03	4.96428892	- 7.16468328	2	- 4	BI	1
656.345	4.03 e+04	2.60 e -04	6.02732420	- 7.9158111	4	- 4	BI	2

بالاعتماد على القيم المعطاة في الجدول (2-III) وبتطبيق العلاقة (17-II) (18-II) نجد :

$$\frac{I_{ij}}{I_{kl}} = \frac{g_i \cdot A_{ij} \cdot \lambda_{kl}}{g_k \cdot A_{kl} \cdot \lambda_{ij}} \exp\left(\frac{E_k - E_i}{kT}\right)$$

$$K_B T = \frac{E_k - E_i}{\ln\left(\frac{I_{ij} g_k \cdot A_{kl} \cdot \lambda_{ij}}{I_{kl} g_i \cdot A_{ij} \cdot \lambda_{kl}}\right)}$$

$$K_B T(BI) = \frac{2,95152218}{1,3617848} = 2,167(ev)$$

$$B = 8,617 \cdot 10^5 ev/k \text{ حيث}$$

$$T=25,147 \cdot 10^3 \text{ k} \quad \text{ومنه}$$

III-5-1 مناقشة النتائج:

من خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ ان درجة الحرارة الالكترونية المحسوبة تدخل ضمن مجال درجات الحرارة الالكترونية للبلازما الباردة المخبرية و التي تكون غالبا محصورة ما بين 1 و 5 إلكترون فولط. مع العلم ان تشخيص البلازما الباردة غالبا ما يكون صعبا نظرا لكونها ليست في توازن حراري, الا انه و من خلال الطريقة المطبقة و التي تعتمد على الاختيار الدقيق للأطياف تمكنا من اكتشاف أطياف تخضع لتوازن حراري, و بالتالي يمكننا القول ان الوسط الناتج عن تسامي البور في توازن حراري جزئي.

خلاصة عامة

خلاصة عامة

لقد تمكنا في هذه الدراسة من تحديد العناصر المشعة المكونة للعينة الصلبة والمتمثلة في عنصر البور وذلك انطلاقا من تحليل أطياف البور الناتجة عن التسامي بالليزر باستخدام تقنية LIBS .

كما تطرقنا في هذه المذكرة إلى عرض حول عموميات الليزر وتطبيقاته وعموميات حول البلازما . كما قمنا بشرح التركيب التجريبي لتقنية LIBS وعرض نتائج التجربة التي هي الأطياف التجريبية و مقارنتها مع الأطياف النظرية التي قمنا برسمها بواسطة برنامج عددي بالاعتماد على قاعدة المعطيات الدولية للفيزياء الذرية , وكذلك انطلاقا من تطبيق الطريقة الطيفية المستعملة لتحليل الأطياف وهي طريقة حساب نسبة الشدة بين خطين قمنا بحساب درجة حرارة الوسط وتحصلنا على 2.167ev اي $25,147 \cdot 10^3 \text{ k}$ وهي ضمن مجال البلازما المخبرية الباردة. كما اثبتت هذه النتائج وجود توازن حراري محلي جزئي بالوسط.

المراجع

المراجع

- [1] الليزرزات تأليف :بيلا آ.ليكيل. جامعة فرناللدو، ترجمة فاروق عبودي قصير، جامعة الموصل 1984م- 1403هـ.
- [2] تقنيات الليزر واستخداماته، د يوسف مولود حسن ،صالح مصطفى الاتروشي، كلية الهندسة جامعة دهوك . طبعة (1) 2008.
- [3] Jean-loup Delcroixet abraham Bers ,physique des plasma Inter editions /CNRS Editions (1994).
- [4] الليزر وأسس واستخداماته، صالح مصطفى الاتروشي ،رياض وديع يوسف، جامعة دهوك . طبعة (1) 2008.
- [5] فيزياء الليزر وتطبيقاته ،د محمد كوسا : أستاذ مساعد في قسم الفيزياء(جامعة دمشق 2006،2005)
- [6] الليزر وتطبيقاته ،د مسعود بن حميد الليحاني ،جامعة أم القرى.
- [7] الموقع الالكتروني .<http://www.encySCO.blogs.com>.
- [8]L. Schweikhard, Plasma Physic Springer, A.Dinklage ,T.klinger ,G.Marx , Berlin 2005
- [10] اسماعيل شيجي ، حساب دوال الحقل الكهربائي الموضوعي ومشتقاتها داخل البلازما باستخدام المحاكات العددية موني كارلو تطبيقا على طيف الهيليوم، رسالة دكتوراء دولة ،جامعة منتوري قسنطينة 2005.
- [11]Azzaoui Mohammed.etude de spectroscopie atomique et moléculaire dans un pulvérisateur cathodique magnétron. Mémoire de Magister Université de Ouargla 2013.
- [12]M. Moisan et J pelletier ; « physique des plasmas collisionnels » ; EDP sciences ,France,2006.
- [13] B.Held ; « physique des plasmas froids», dunod ,Paris 2005.
- [14]D. R. Nicholson; ”introduction to plasma theory”; University of Iowa; John Wiley & Sons (1983).

- [15]Bentadj Samiha.étude des specter émis par une décharge électrique d'hélium. Mémoire de Magister Université de Ouargla 2014.
- [16] www.hazemsakeek.
- [17] S. Svanberg ; Appli. Phys, B **92**, pp. 351–358 (2008).
- [18] Jesus Anzano, Beatriz Bonilla, Beatriz Mosul-Ibor ; Med. Chem. Res. **18**,pp. 656–664 (2009).
- [19] F. Colao, R. Fantoni ; Appl. Phys. A **79**, pp. 143–152 (2004).
- [20] Riadh Hannachi ; Etude expérimentale et propriétés radiatives d un plasma thermique induit par impact laser à la surface de milieux aqueux H₂O–CaCl₂/MgCl₂/NaCl Toulouse, Thèse Doctorat(2007).
- [21] Hiroyasu hotokeza , Noboru Aoyagi, Noriko U.Yamaguchi ; Microsyst Technol 11pp 974–979(2005).
- [22] Jennifer L., Gottfried Frank C., De Lucia Jr, Chase A. Munson. Anal. Bioanal. Chem. **395**, pp. 283–300 (2008).
- [23]C. Haisch, R. Niessner, O. I. Matveev, Fresenius ; J. Anal. Chem. **356**, pp.21–26 (1996).
- [24]Nicolas Leone ; « Développement d une technique d analyse hautement sensibleet polyvalente par spectroscopie de plasma induit par laser : applications auxaérosols et aux Matériaux biologiques » Thèse Doctorat ; Paris (2007).
- [25]S. M. Pershin, F. Colao, V. Spizzichino ; Laser Physics, Vol. **16**, pp. 455–467 (2006).

- [26] LA LIBS : LES APPLICATIONS D'UN LASER D'ANALYSE, DES SYSTÈMES NUCLÉAIRES À L'EXPLORATION SPATIALE. Commissariat à l'énergie atomique. Paris ,20 juin 2014.
- [27] الموقع الالكتروني : <http://www.byto.com/vb/showthread.php>
- [28] الاطيفاف في الفلك د فواز استاذالمعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته جامعة دمشق
- [29] <http://forums.Arabsbook.com/threads/61534>.
- [30] W.Demtröder, Atoms Molecules and photons, Springer – Verlag , 2006, Berlin Heidelberg.
- [31] Moussa O. cheibetta contribution à la théorie d'élargissement des raies Spectrales émises par les plasma : Application la raie Ly- de l'atome de l'hydrogène Doctorat de 3^{ème} cycle Université cheikh Anta Diop de Dakar-Sénégal,2004 .
- [32] L- Ben Mabrouk Etude spectres d'émission d'ions de Déposition sur couches Mémoire de Magister Université de Ouargla2003.
- [33] F. Khelfaoui : « Cour de Master Physique du rayonnement », 2012 – 2013.
- [34] H. Park, S. J. You et W. Choe ; « Correlation between excitation temperature and electron temperature with two groups of electron energy distributions », Physics of Plasmas, Vol. 17, p. 103501, 2010.
- [35] FLORENT . B .Etude ablation laser femtoseconde assistée d'une mise en forme temporelle pour le dépôt de couches minces et la synthèse de nanoparticules .Thèse Doctorat ; Saint-Etienne (2013).
- [36] NIST Atomic Spectra Database, <http://physics.nist.gov>

ملخص: لقد تم في هذه المذكرة دراسة أطياف البور الناتجة عن التسامي بالليزر بتطبيق طريقة (LIBS) وهي التحليل الطيفي المستحث بواسطة الليزر، حيث تم تطبيقه على عينة من البور، و تمت دراسة البلازما الناتجة من تفاعل ليزر نيدوم ياج (Nd :yag) ذو الطول الموجي (1.064nm) مع عينة البور والذي يرمز له بـ (B).

تم تجميع طيف البلازما الناتج بواسطة ليف بصري متصل بجهاز المطياف المزود بكاميرا (LCCD) و التي تقوم بتسجيل خطوط الطيف ليقوم جهاز الكمبيوتر بترجمتها إلى منحنيات. حيث يتم مقارنة هذه الأخيرة مع الأطياف النظرية التي رسمت خطة برنامج عددي بهدف التعرف على العناصر الموجودة في العينة و كذلك تحليلها عن طريق حساب درجة حرارة البلازما بتطبيق طريقة حساب نسبة الشدة بين خطين ومقارنة النتائج النظرية بالنتائج التجريبية.

كلمات المفتاحية: بلازما، أطياف، ليزر، LIBS، تسامي، البور، ليف بصري.

Summary : This graduation memoir has studied the laser-produced plasma (sublimation) from Boron by using LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy). The application was on Boron sample, consequently, we studied the plasma generated from the interaction of (Nd :yag) laser which its wave length is (1.064) with Boron sample (B)

The plasma spectrum had been gathered by using optical fiber connected to a spectroscopy with LCCD camera, which recording the spectral lines ; than the computer analyse it and shape it up again into curves. Whereas , it had been compared with theoretical spectrums which had shaped by a numeric programme looking forward to idenify the composition of elements contained in the sample and its analysis by calculating the plasma temperature measurment by looking to the intensity between two lines. Than the comparaison of the theorical results with experimental results.

Key words : plasma, spectrums, laser , LIBS, sublimation, boron, optical fiber

Résumé : Cette mémoire a mis l'accent sur l'étude du spectre induit par l'ablation laser. On est appliquée sur une échantillon du Bore, et on étudiée le plasma qu'il a été générée de l'interaction entre le laser (Nd :yag) ce qu'il porte la longueur d'onde (1.064) et l'échantillon du Bore.

Le spectre du plasma généré a été rassemblé par une fibre optique connecté a un spectroscopie avec une camera (LCCD) qu'il fait l'enregistrement des lignes spectraux. Et après l'ordinateur fait l'interprétation des courbes par la comparaison entre les spectres expérimentale et les spectres theorique ; qu'ils a revient d'un programme numérique, afin d'identifier les éléments composants de l'échantillon. Par conséquent, pour faire l'analyse on doit calculer la température du plasma par la calculations du l'intensité entre les deux lignes, et la comparaison entre les résultats théorique et l'un expérimentales.

Mot clés : plasma , spectre, laser, LIBS, sublimation, bore, fibre optique