جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفيزياء

رقم الترتيب:.................

رقم التسلسلي:.................

مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال:علوم المادة

فرع:فيزياء

تخصص:فيزياء المواد

من إعداد:حسيني حليمة / بركة أسماء

بعنوان:

دراسة أطياف الغرافيت الناتجة عن التسامي بالليزر

نوقشت يوم:.24./05. /2017.

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

بن طويلة عمر	أستاذ محاضر(ب)	جامعة ورقلة	رئيسا
عبابسة حكيمة	أستاذة مساعدة(أ)	جامعة ورقلة	مناقشا
بن مبروك لزهر	أستاذ محاضر(ب)	جامعة ورقلة	مشرفا

الموسم الجامعي:2017/2016

إهداء

الحمد لله الذي وفقنا لهذا ولم نكن لنصل إليه لولا فضل الله علينا أما بعد
اهدي هذا العمل
إلى أغلى ما نملك في الوجود شموع الدرب ونورا لحياة
والديّ الكريمين أمي وأبي حفظهما الله وأطال في عمرهما إن
شاء الله.
إلى أجمل هدية وهبها الله لي إخوتي وأخواتي الأعزاء كالواحد
باسمو، إلى زوجت أخي وأبنائها، إلى أزواج أخواتي وأبنائهم.
إلى كل الأصدقاء والأحبة التي جمعتنا بهم الحياة الجامعية والعملية خاصة طلبة
تخصص .فيزياء المواد دفعة2017
إلى من يسعى جاهدا من أجل حمل راية العلم عاليا.
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

حليمة

إهداء

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

اهدي هذا العمل إلى من ربياني صغيرا والدي

و والدتي

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 إخوتي وأخواتي إلى عائلة زوجي كل واحد باسمه

إلى كل أقاربي دون استثناء

إلى كل من ساندني ،ووقف بجانبي

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

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

فيزياء المواد دفعة2017

إلى أساتذتي الكرام

إلى هؤلاء جميعا اهدي ثمرة مجهودي هذا

لطلبة المقبلين على التخرج

أسماء

شكروعرفان

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم و المعرفة وأعاننا على أداء هذا الواجب
ووفقنا 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 " لزهر بن مبروك"
الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته ونصائحه القيمة التي كانت عونا لنا في إتمام هذا العمل
كما أتقدم بالشكر إلى الأستاذ "عمر بن طويلة " على تقبله تروس لجنة المناقشة
والى الأستاذة " عبابسة حكيمة "على مناقشة هذه المذكرة
واشكر كل من ساهم في انجاز هذا العمل
كما اخص بالشكر والتقدير إلي صديقتا أحلام أسماء اللذان 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"

الفهرس

مقدمة عامة 02

الفصل الأول

حالات المادة و البلازماوعموميات حول الليزر

I -1 حالات المادة 04

I -1-1- ظاهرة التسامي 05

I- 1-1- تعريف التسامي 05

I - 1-1-2- أمثلة على التسامي 05

I -1-1-3- العوامل المؤثرعلى التسامي 05

I- 2 - البلازما 06

I -2-1- لمحة تاريخية 06

I -2-2- ماهية البلازما 06

I -2-4- خصائص البلازما 06

I -2-4-1- التوصيل الكهربائي 06

I -2-4-2- التعادل الكهربائي في البلازما 07

I -2-5قوانين التوازن 07

I- 2-5 -1-توزيع ماكسويل بولتزمان 07

I-2-5-2 -قانون بولتزمان 07

I-2-5-3- قانون ساها 08

I-2-5-4- قانون بلانك 08

I-2-6- نماذج التوازن في البلازما 08

I-2-6-1- التوازن الحراري الكلي 08

I-2-6-2- التوازن الحراري المحلي 09

I-2-6-3- التوازن الحراري الجزئي المحلي 09

I-2-6-4- البلازما غير المتوازنة 09

I-2-7- أهم مقادير في الفيزياء البلازما 09

I-2-7-1- طول ديباي 09

I-2-7-2- طول لاندو 10

I-2-7-3- طول موجة ديبروغلي الحراري 10

I-2-7-4- درجة تأين الغاز 10

I-72-5- نصف قطر الكرة الالكترونية 11

I-2-7-6- نصف قطر الكرة الأيونية 11

I-2-7-7- التردد الأيواني للبلازما 11

I-2-7-8- التردد الألكتروني للبلازما 11

I-2-7-9- معامل التزاوج 12

I -3-عموميات حول الليزر 12

I -3-1- تعريف الليزر 13

I -3-2- خصائص الليزر 13

I -3-3- شروطالإنبعاث الليزري 14

I- 3-4- مكونات جهاز الليزر 16

I -3-5-أنواع الليزر 17

I -3-6-إستخدامات الليزر 18

الفصل الثاني

الاطياف الذرية

II -1- تعريف الأطياف 20

II -2-أنواع الأطياف 20

II -2-1-طيف الإصدار 20

II -2-2-طيف إمتصاص 21

II -3- التعريضات وأشكال الخطوط الطيفية 21

II -3-1-دراسة بعض أسباب تعريضات الخطوط الطيفية 22

II -3-1-1- التعريض الطبيعي 22

II -3-1-2- تعريض دوبلر 23
II -3-1-3- تعريض التصادمات 25
II -4- الطرق المستعملة في لتحليل الأطياف 25
II -4 -1- شدة الخطوط الطيفية 25
II -4-1-1-شدة الخطوط الطيفية الذرية 25
II -4-1-2-شدة الخطوط الطيفية الجزيئية 26
II -4-2-تحديد درجة حرارة الإلكترون 27
II -4-2-1-نسبة الشدة بين الخطين 27
II -4-2-2- طريقة الرسم التخطيطي لبولتزمان 27

الفصل الثالث

التحليل الطيفي لعينة الغرافيت

III -1 – التجربة 30
III -2-دراسة الأطياف التجريبية 32
III -3- رسم الأطياف الذرية النظرية 33
III-4- .المقارنة وتحديد الأطياف 37
III -4-1-الملاحظة والاستنتاج 38
III 5–تشخيص الوسط وحساب درجة الحرارة 38
III 5-1 مناقشة النتائج 39
خلاصة عامة 41
قائمة المراجع 43

فهرس الأشكال

I- 1 - يوضح الأطوال الموجية عند تحليل الضوء بإستخدام الموشور 13

I -2- عملية الانبعاث التلقائي والانبعاث الإستحثاثي 14

I -3- إنتقال الالكترون من الى1 E الى2 E 15

I -4- إنتقال الكترون من الى E2 الى E1 15

I -5- تعداد المعكوس 15

I -6- مكونات ليزر الياقوت 16

I -7- رسم تخطيطي لجهاز ليزري 17

II -1- يوضح طيف الاصدار (الانبعاث) 21

2-II- يوضح طيف الامتصاص. 21

III -1- وصف تخطيطي وتوضيحي لتحليل LIBS 31

III –2– طيف الغرافيت التجريبي عند مجال الموجي من 300nmالى 700nm 31

III -3- مخطط توضحي للبرنامج 33

.III -4- طيف الكربون النظري (CI). 34

III -5- (طيف الكربون النظري (CII) 34

III -6- طيف الكربون النظري(CIII 35

III -7- طيف الازوت النظري (NI) 35

III -8- طيف الأكسجين النظري(OI) 36

III -9-. طيف الهيدروجين النظري(HI) 36

III -10-يوضح العناصر المشعة لطيف التجريبي 38

فهرس الجداول

III -1- جدول المقارنة بين الأطياف النظرية والتجريبية. 37

III -2-المعطيات الذرية بالإنتقالاتالمختارة .39

مقدمة عامة

مقدمة عامة

إن الطيف المنبعث من الذرة له أهمية كبيرة في التعرف عل العناصر المختلفة، حيث أن لكل عنصر من العناصر الموجودة في الطبيعة طيف الكهرومغناطيسي خاص به ولا يوجد عنصرين لهما نفس الطيف ،حيث تدرس هذه الأطياف باستخدام المطيافية .

وتهدف دراستنا هذه إلي تحديد تركيبة المادة الصلبة ، وذلك انطلاقا من دراسة الأطياف الصادرة عن البلازما المتشكلة اثر عملية تسامي هذه المادة ، بواسطة أشعة الليزر وذلك اعتمادا علي تقنية "LIBS" وستقدم بعض التفاصيل عن هذه التقنية خلال هذه المذكرة ،وقبل ذلك سنقوم خلال الفصل الأول بتقديم عموميات حول حالات المادة .وبحكم أهمية عملية التساميفي دراستنا هذه سنقوم في هذا الفصل بشرح هذهظاهرة مع تقديم بشكل مختصر العوامل المؤثرة فيها، وكذلك خصائص الحالة الرابعة (البلازما) وسنركز أهم خصائصها، كما سنقوم كذلك في نفس الفصل بعرض شامل حول الليزر(مفهومه، خصائصه، أنواعه و استخداماته)

ونظرا لأهمية الأطياف والتي هي أساس دراستنا فإننا سنتطرق لها في الفصل الثاني حيث سنبين أنواعها وكذا التعريضات التي تحويها أشكال الخطوط، وبالإضافة الى نظرة شاملة حول الطرق المستعملة في تحليل الطيفي.

أما في الفصل الثالث الأخير الذي يمثل الجزء العملي من دراسة فإننا سنقوم بشرح التركيب التجريبي و المتعلق بتحليل المادة الصلبة (الغرافيت) عن طريق تقنية "LIBS"، كما سنقوم بعرض النموذج الرقمي للتحليل الذي من خلاله سنقوم بتحديد تركيبة المادة الصلبة من جهة ،و كذا درجة حرارة الوسط مع مناقشة و تحليل النتائج المتحصل عليها .

الفصل الأول حالات المادة

عموميات حول و البلازما و الليزر

I-1- حالات المادة :

تعريف المادة: المادة في الفيزياء الكلاسيكية هي كل ما له كتلة وحجم ويشغل حيزاً من الفراغ. وللمادة خصائص مختلفة تشمل الحجم والكتلة والكثافة. وتشكل بذلك ما يعرف بالكون الملموس.

حالات المادة:المادة بمختلف أنواعها و أشكالها تتكون من جسيمات دقيقة تدعى الذرات،و هذه الذرات بدورها تتكون من جسيمات دون الذرية أصغر بكثير من الذرات و علم الكيمياء يدرس تركيب المادة و كيفية ترابط الذرات بعضها ببعض لتكون المواد المختلفة .[1]

و حالات المادة الطبيعية هي أربعة :صلبة،سائلة،غازية،بلازما.[1]

1- **الصلبة**: تكون حبيبات الجسم في هذه الحالة متراصة و متقاربة جدا وهي عمليا شبه ساكنة مما يجعل للأجسام الصلبة شكلا خاصا.

2- **السائلة**: تكون حبيبات المادة فيها قريبة من بعضها البعض و أكثر حركة و هذا مايفسر قابلية السوائل للجريان أو اتخاذ شكل الإناء الذي يحويها .

3- **الغازية**: تكون حبيبات المادة في الحالة الغازية متباعدة جدا عن بعضها البعض، فهي تتحرك في كل الاتجاهات مما يفسر توسع الغاز في كامل الفضاء الذي يحيط به.

4- **البلازما**: وهي الحالة الرابعة للمادة ,عبارة عن وسط غازي متأين يحوي عددا كبيرا من الجسيمات المشحونة سلبيا و ايجابيا ، و كذا الجسيمات الحيادية.

ويكون تغير حالة المادة بين تلك الحالات الأربع عبر ظواهر مختلفة فمثلا:

- التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة تسمى ظاهرة الانصهار.
- التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة تسمى ظاهرة التجمد.
- التحول من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة تسمى ظاهرة التكاثف.
- التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية تسمى ظاهرة التبخر.
- التحول من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة تسمى ظاهرة الترسيب.
- التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية تسمى ظاهرة التسامي.

و هذه الأخيرة هي ماسنتطرق إليه في موضوعنا هذا (تسامي المادة الصلبة والمتمثلة في الغرافيت)

I-1-1- ظاهرة التسامي :

I -1-1-1- تعريف التسامي:

التسامي هو تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة. فمثلا (اليود و النفثالين) فهما من إحدى و أهم المواد التي طبقت عليها ظاهرة التسامي وبعض الظواهر الأخرى كالتسوية و التقطير و التنقية ...الخ.

I-1 -1-2- أمثلة عن التسامي:

توجد العديد من المواد التي تتسامى منها :

1- اليود و الزرينيخ و الكافور يمكن إن تتحول إلى غاز بدون انصهار أولا . ويطلق على هذه المواد بأنها مواد متسامية ، أيضا يتسامى النفثالين بسهولة (كرات النفثالين) كما يتسامى الزرنيخ عند درجات حرارة عالية .

2- البعض من المركبات الكيميائية يتسامى أيضا،مثل كلوريد الأمونيوم الذي يؤدي تسخينه إلى تفككه إلى كل من كلوريد الهيدروجين و الأمونياك في تفاعل عكوس.

$$NH_4Cl \longrightarrow HCl + NH_3$$

3- بعض بلورات الثلج في السحب تتحول أحيانا إلى بخار ماء دون أن تمر بالحالة السائلة كما يحدث ذلك أيضا في البراكين حيث يتحول الصلب إلى بخار في الصهير .

I- 1-1-3- العوامل المؤثرة على التسامي

الضغط(العلاقة العكسية)أي كلما نقص الضغط زاد التسامي

درجة الحرارة (العلاقة طردية)أي كلما زادت درجة الحرارة زاد التسامي

و المادة عندما تتحول من الحالة الصلبة إلى الغازية فإنها تشكل لنا البلازما فيما بعد .

I -2- البلازما:

إن معظم المواد التي تشكل الكون هي في حالة بلازما مايقارب 99 بالمئة وتشترك كل أنواع البلازما بأنها تخضع و تفسر بنفس الآليات و تديرها نفس القوانين الفيزيائية و ذلك حتى باختلاف مقادير وسائطها.فهي عبارة عن حالة مخففة للمادة تشبه الغاز إلا أنها مؤلف من جسيمات مشحونة مما تجعل الوسط إجمالا متعادل كهربائيا [2] .

I- 2-1- لمحة تاريخية :

إن أول من أطلق مصطلح الحالة الرابعة للمادة هو الانجليزي (سير ويليام جروك) عام 1879 لوصف القسم المتأين من الإنفراغاتالغازية . وقد علل مصطلحه هذا على الشكل التالي [3] : تتحول المادة الصلبة بالتسخين إلى الحالة السائلة و باستمرار التسخين تتحول إلى غاز و عند رفع درجة حرارة الغاز إلى حد معين يصل إلى [4]، تزداد طاقته الحركية إلى الحد الذي يؤدي إلى تصادمها مع بعضها البعض فيحدث تحرر إلى الالكترونات و أيونات موجبة الشحنة .

أستخدم مصطلح البلازما بداية من قبل (لانجوير) سنة 1928 كي يعبر عن المناطق المتساوية الكمون داخل أنابيب التفريغ الحاوية غازا مؤينا متعادلا كهربائيا , بعد ذلك استخدم هذا المصطلح بصفة خاصة في فيزياء الفلك للتعبير عن حالة مخففة للمادة تشبه الغاز، لكنها مؤلفة من إلكترونات و أيونات موجبة ،و بتناسب معين يجعل الوسط إجمالا متعادلا كهربائيا[5].

تعريف البلازما:

تعرف البلازما بالحالة الرابعة للمادة لكونها مختلفة فهي لا صلبة ولا سائلة ولا غازية بل هي عبارة عن حالة مخففة للمادة تشبه الغاز إلا أنها مؤلفة من جسيمات مشحونة و إلكترونات و ايونات موجبة بتناسب معين يجعل الوسط إجمالا متعادلا كهربائيا[2].

I-2-2-ماهية البلازما:

بصفة عامة يمكن افتراض أن البلازما هي خليط مكون من ثلاث عناصر [4]الكترونات حرة و أيونات موجبة أو سالبة و ذرات معتدلة أو جزيئات [6] ،و الغاز المتأين يحوي عددا كبيرا من جسيمات مشحونة ، تحجب نفسها الكتروستاتيكيا عند مسافة صغيرة ،و أنها تجمع لجسيمات متأينة ،تتفاعل جماعيا بالقوى الكهرومغناطيسية بعيدة المدى و المرتبطة بشحناتها و حركاتها[7].

I-2-4-خصائص البلازما:من أهم خصائص البلازما

I -2-4-1- التوصيل الكهربائي:

بما أن البلازما غاز عالي التأين يضم عددا هائلا من الجسيمات المشحونة المتحركة بحرية داخلها، فإنها تعد موصلا جيدا للكهرباء.

تتبادل هذه الجسيمات المشحونة التأثير مع الحقل الكهرومغناطيسي الموضعي ، كما أن الحركة المنظمة لها تحدث تيارات كهربائية و تغيرات لكثافة الشحنة،تؤدي إلى نشوء حقول كهرومغناطيسية .

I-2-4-2- التعادل 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 ، و أن أي اختلاف بسيط في كثافة الشحنة الفراغية يسبب نشوء قوى كهروستاتيكية قوية تؤثر في اتجاه إعادة التعادل ، من جهة أخرى إذا تعرضت البلازما إلى حقل كهربائي خارجي فإن كثافة الشحنات الفراغية ستنظم نفسها بحيث يحجب الجزء الأعظم من البلازما من تأثيرات هذا الحقل [6].

I-2-5-قوانين التوازن

I-2-5 -1-توزيع ماكسويل بولتزمان:

$$f(v)\, d(v) = 4\pi v^2 (\frac{me}{2\pi T})\ 3/2\ exp\ (-\frac{mev2}{2KBT}) \quad \textbf{(1- I)}$$

حيث:

K_Bثابت بولتزمان.

m_e : كتلة الالكترون .

T:درجة الحرارة بالكلفن

I-2-5 -2-قانون بولتزمان :

$$\frac{N_i}{N_0} = \frac{g_i}{g_0} exp\ [-\frac{E_i - E_0}{KBT}] \qquad \textbf{(2- I)}$$

حيث :

N_0:كثافة الذرة في الحالة الأساسية ذات الطاقة E_0

N:كثافة الذرة في الحالة المثارة ذات الطاقة $_i$

g_0 وg_i : تمثل درجة التوالد

I-2-5 -3-قانون ساها:

$$\frac{NeNi}{N0}=\frac{gegi}{g0}(\frac{2\pi meKBT}{h2})exp(-\frac{Ei}{KBT}) \quad (3\text{-}I)$$

حيث

me: كتلة الالكترون.

KB:ثابت بولتزمان.

h:ثابت بلانك.

g_0وg_eوg_i: هي الوزن الإحصائي منها للالكترونات و الأيونات و الذرات المحايدة .

g_0 وg_iتعتمد على الانواع الذرية و لكن دائما $g_e = 2$ (حالتين سبين).

I-2-5 -4- قانون بلانك :

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

هذه الكمية تتوافق مع الإنارة الطيفية التي تعتمد على درجة الحرارة Tوالطول ألموجيλ.

يتم إعطاء وصف الإشعاع الطيفي من الجسم الأسود عند درجة حرارة T ، القانون من قبل بلانك [7].

$$I_v=\frac{8\pi hv^3}{c^2}(exp(\frac{hv}{K_BT})-1)^{-1} \quad (4\text{-}I)$$

I-2-6-نماذج التوازن في البلازما:

I-2-6-1-التوازن الحراري الكلي:

تتميز البلازما ذات التوازن الحراري الكلي بنفس درجة الحرارة T لجميع الأنواع المشكلة لهاته البلازما في وسط ذو توازن حراري كلي ، تكون الظواهر التصادمية الإشعاعية مجهريه عكسية . كل عملية يقابلها عملية معاكسة لها حيث يتميز الوسط بدرجة حرارة وحيدة . تكون الجسيمات موزعة حسب توزيع سرعات ماكسويل .و نتيجة لهاته المميزات يمكن 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.

I-2-6-2-التوازن الحراري المحلي:

في كل البلازما ، في بعض الظروف تعرف بحالة توازن حراري محلي . نفرض درجة حرارةT المحلية تكون معرفة في هذه النقطة من البلازما .كل القوانين تكون صالحة في هذه الحالة ماعدا قانون بلانك.[8]

I-2-6-3-التوازن الحراري الجزئي المحلي :

عند كثافة منخفضة جدا (كثافة الالكترونات خصوصا) , 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 التأين) [9].

مستويات الطاقة المجاورة للمستوي الأساسي لديها عمر إشعاعي من شدة قصره مقرنا بتصادمين بين إلكترون_محايد, وبالتالي الانتقال من حركة الالكترونات (قانون Saha و بولتزمان), بالعكس إما في المستويات العليا التي تقع تحت المستوي الأول للأيون لأنها تخضع لعدد أكبر من التصادمات في الحالات المنخفضة تكون في توازن تصادمي مع الالكترونات .

و قانون بولتزمان الذي نضع فيه $T_e = T_{exc}$يسمح بتحديد شدة الكثافة بالتوازي , درجة حرارة الغاز (أساسية تلك المتعلقة بالذرات في الحالة الأساسية لأنها الأكثر عددا), نضع **T_gحيث$\leq T_e$$T_g$** .**[8]**

I-2-6-4-البلازما غير المتوازنة :

يعرف بأنه وسط لا يحقق أي قانون من قوانين التوازن الحراري.

I-2-7-أهم المقادير في فيزياء البلازما :

I-2-7-1-طول ديباي:

وهو الطول الحرج للتفاعل المتبادل الكلي و يحدد ب[6]

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

حيث:n_e.الكثافة الالكترونية.

I-2-7-2-طوللاندو:

وهو الطول الحرج للتفاعل الثنائي,r_e و يحدد ب[6]

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

حيث:

K: ثابت بولتزمان.

e: الشحنة الالكترونية.

T : درجة الحرارة المطلقة.

I-2-7-3-طول موجة ديبروغلي (de broglie) الحرارية:

يعطى هذا الطول تقديرا لطبيعة الموجة الكمية لجسيمات البلازما و يعرف ب[6]

$$\wedge = \left(\frac{2\pi h^2}{mkT}\right)_-½ \quad (7\text{-I})$$

حيث:

m : كتلة الجسيم .

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

I-2-7-4-درجة تأينالغاز:

تكون الغازات في حالاتها العادية عازلة كهربائيا , و تصير موصلة اذا أخضعت لحقول كهربائية شديدة.تعطى درجة تأين الغاز ب[6]

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

حيث:

n_0: الكثافة العددية للجسيمات الحيادية .

n: الكثافة العددية للالكترونات.

I-2-7-5-نصف قطر الكرة الالكترونية:

و هو يميز البعد المتوسط بين إلكترونين و يستخرج من :

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

حيث:

n_e: الكثافة الالكترونية

I-2-7-6-نصف قطر الكرة الأيونية

وهو ما يميز البعد المتوسط بين أيونين و يستخرج من :

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

حيث:

n_i: الكثافة الأيونية.

I-2-7-7- التردد ألايوني للبلازما:

$$\omega_{P_i} = \sqrt{\frac{4\pi (ze)^2 n_i}{m_i}} \qquad (11 - \text{I})$$

حيث :

Ze: شحنة الايون

n_i: الكثافة الأيونية

m_i: كتلة الايون

I-2-7-8-التردد الالكتروني للبلازما

$$\omega_{P_e} = \sqrt{\frac{4\pi e^2 n_e}{m_e}} \qquad (12 - \text{I})$$

حيث:

n_e: كثافة الإلكترون

m_e: كتلة الإلكترون

I-2-7-9-معامل التزاوج : [6]

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

$$\Gamma = \frac{\text{الطاقةالكامنةالمتوسطةللجسيملتفاعلهمعجسيممجاور}}{\text{الطاقةالحركيةالمتوسطةله}} \qquad (13\text{-I})$$

فهو للالكترونات: $\Gamma = \frac{e^2}{kTr_e}$

و للأيونات: $\Gamma_{ii} = \frac{(ze)^2}{kTr_i}$

وبين الالكترونات و البروتونات : $\Gamma_{ie} = \frac{(ze)^2}{kTr_{ei}}$

حيث:

حيث:

K : ثابت بولتزمان .

T : درجة الحرارة المطلقة

I-3- عموميات حول الليزر:

تعتبر تكنولوجيا الليزر من العلوم المتطورة التي تدخل في العديد من التطبيقات مثل استخدام الليزر في التطبيقات الطبية و الاتصالات و الأبحاث العلمية و الهندسية و العسكرية و الليزر له العديد من الخواص التي تميزه عن أي مصدر ضوئي، ومن هذا نبدأ في الموضوع و توضيح فكرة عمل الليزر.

I -3-1 تعريف الليزر:

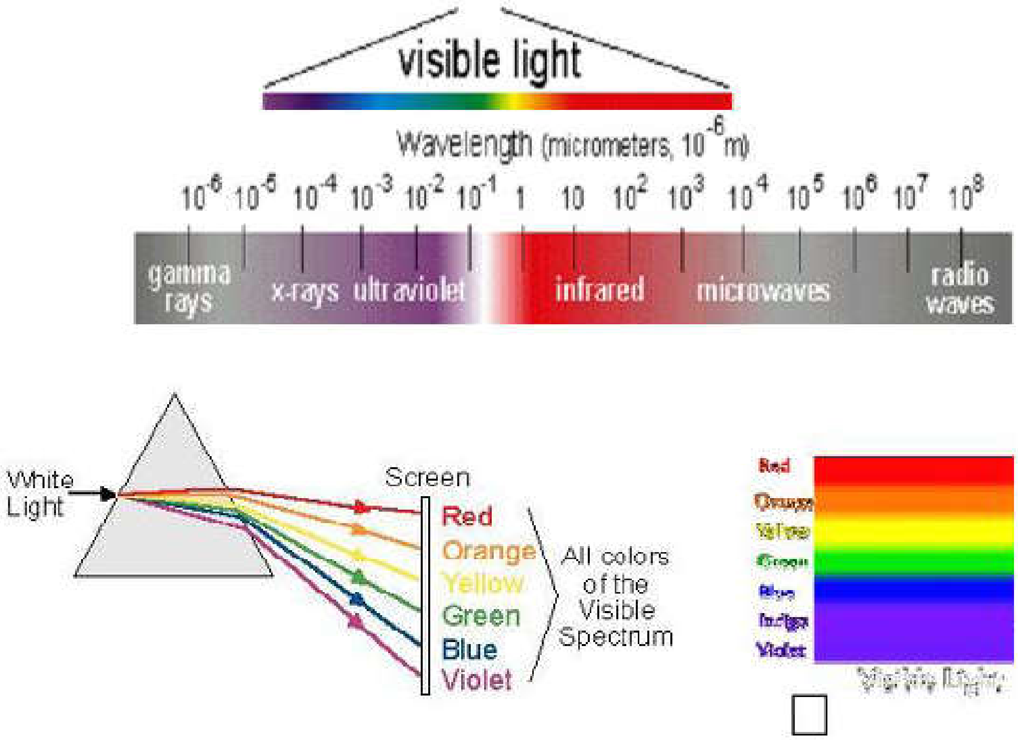
بالانجليزية **LASER** و هي اختصار لعبارة **Light Amplification by stimulated Emission of Radiation**

وتعني تكبير و تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث لاستحثاثي للإشعاع الكهرومغناطيسي[10-11] ،و هو عبارة عن حزمة ضوئية ذات فوتونات و تشترك تردداتها و تتطابق موجاتها ، بحيث تحدث ظاهرة التداخل البناء بين موجاتها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية (12)، وقد تنبأ بوجود الليزر العالم ألبرت أينشتاين في 1917 حيث وضع الأساس النظري لعملية الانبعاث لاستحثاثي ، وتم تصميم أول جهاز في 1960 من طرف العالم **T. M . Maiman** باستخدام بلورة الياقوت و يعرف بليزر الياقوت [13].

I-3-2- خصائص الليزر:

يمتلك شعاع الليزر خصائص تميزه عن أية مصدر من مصادر الإشعاع الكهرومغناطيسي وهذه الخصائص هي:

1- **أحادي اللون Monochromatic**: وتعني أن الليزر له عرض طيفي ضيق ينتج عنه تردد مفرد نقي وهذا ما يميزه عن الضوء العادي حيث أن بتحليل الضوء العادي حيث أن بتحليل الضوء الأبيض الصادر من الشمس أو من مصباح ضوئي فإنه يحتوي على العديد من الأطوال الموحية ، كما هو موضح في الشكل (I-1) عند تحليل الضوء باستخدام الموشور [12].



الشكل (I-1) يوضح الأطوال الموحية عند تحليل الضوء باستخدام الموشور[9]

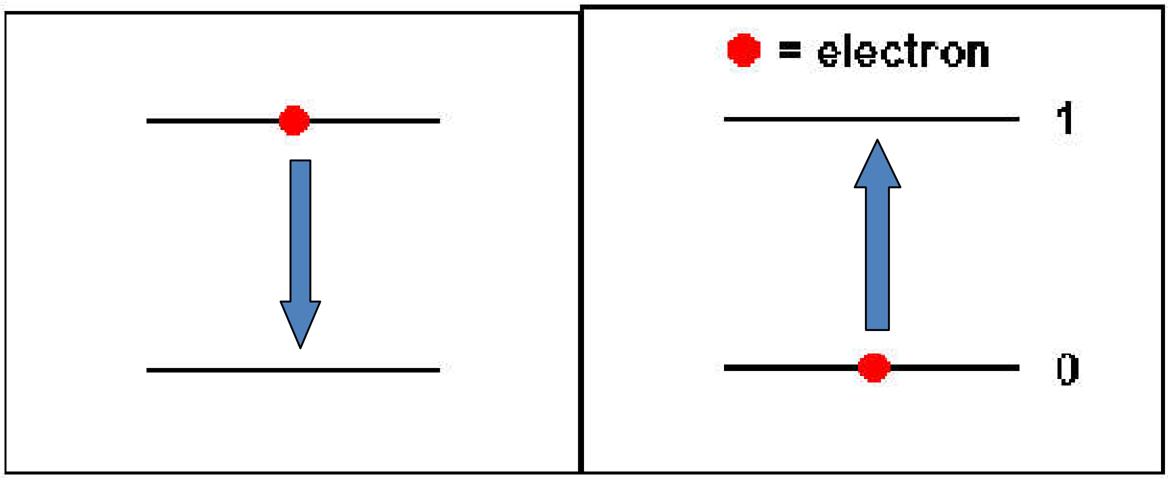
1- توازي الحزمة الضوئية Collimation أو الاتجاهيةdirectionality:

الضوء الصادر عن الليزر له اتجاه واحد بحيود مهمل [12].

3- الترابط:

ويجب أن يكون بين موجات الحزمة عالي جدا و متزامن و هذا يساعد الموجات الضوئية أو الفوتونات في تقوية بعضها البعض لتعطي طاقة و قدرة عالية للحزمة ويكون هذا الترابط إما بناء و فرق الطور بين الموجات يساوي الصفر أو هدام و فرق الطور بين الموجات يختلف عن الصفر [12-14].

4- الشدة الضوئيةLightIntensity: وتكون عالية و مركزة في حزمة ذات قطر ضيق لا يتجاوز المليمتر[12] ،المسؤول عن هذه الخصائص هي عملية الانبعاث الإستحثاثي بينما في الضوء العادي يكون الانبعاث تلقائي الشكل(**I-2**)



الانبعاث التلقائي **الانبعاث لاستحثاثي**

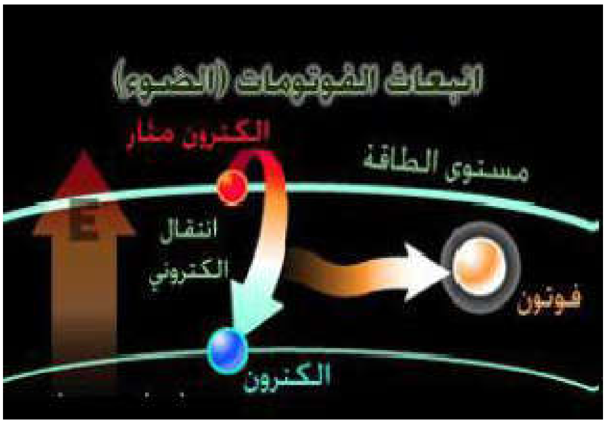
الشكل (I-2) عملية الانبعاث التلقائي و الانبعاث لاستحثاثي[14].

I -3-3- شروط الانبعاث الليزري : يجب توفر ثلاثة شروط أساسية وهي :

1- توفر الانبعاث لاستحثاثي: Stimulated Emission:

في الظروف العادية تكون غالبية الذرات في مستوى الطاقة الأقل ، وعدد قليل منها يكون في المستويات العليا.

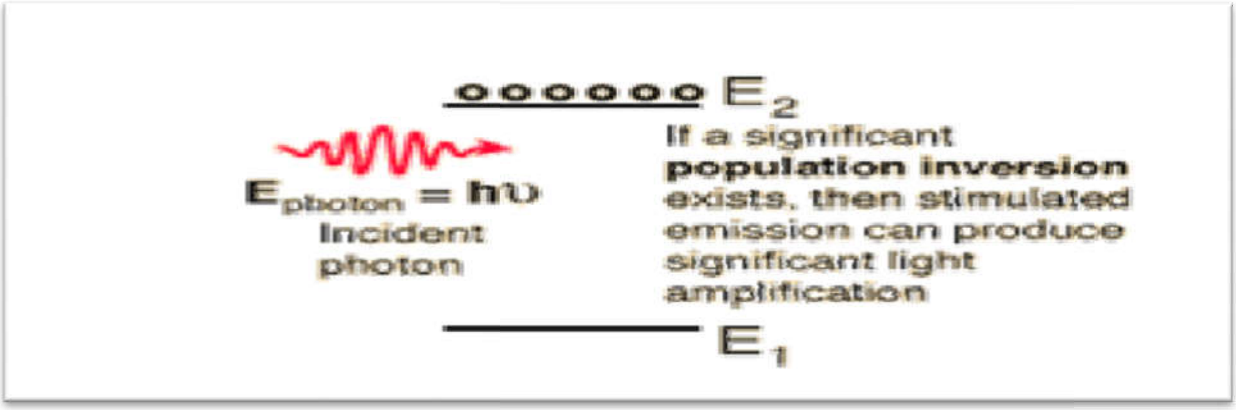
و الذرات التي تكون في حالة تهيج تنبعث فوتونات تلقائيا،وللتخلص من حالة التهييج و النزول إلى مستويات طاقة اقل تكون هذه العملية عشوائية الحدوث،و الفوتونات المنبعثة لا تكون مترابطة مع بعضها البعض (أي لا تكون بنفس الطور) [13].



الشكل (I–3):انتقال الإلكترون من E1 إلى E2 الشكل (I–4): انتقال الإلكترون من E2 إلى E1

2– التعداد المعكوس: Populatio Invesion

يتطلب انبعاث أشعة الليزر العمل على زيادة عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا أي زيادة تعدادها عن الحالة الطبيعية، و عندما 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.[10]



الشكل(I–5): التعداد المعكوس [11]

3–التكبير الضوئي:Light Amplification

يجب إن يضخ الوسط المادي من مصدر طاقة لحث الذرات و الجزيئات على التهيج, أي الارتفاع إلى مستوى طاقة أعلى لا تتواجد فيه عادة تحت الظروف الطبيعية ، وتكون ما يسمى بالتعداد المعكوس ،و الذي فيه تكون غالبية ذرات وجزيئات المادة في مستويات الطاقة العليا بدلا من المستويات المنخفضة، وبعدها ينبعث الشعاع الليزري بواسطة الانبعاث المحثوث و عمليات التكبير الضوئي.

I -3-4- مكونات جهاز الليزر:

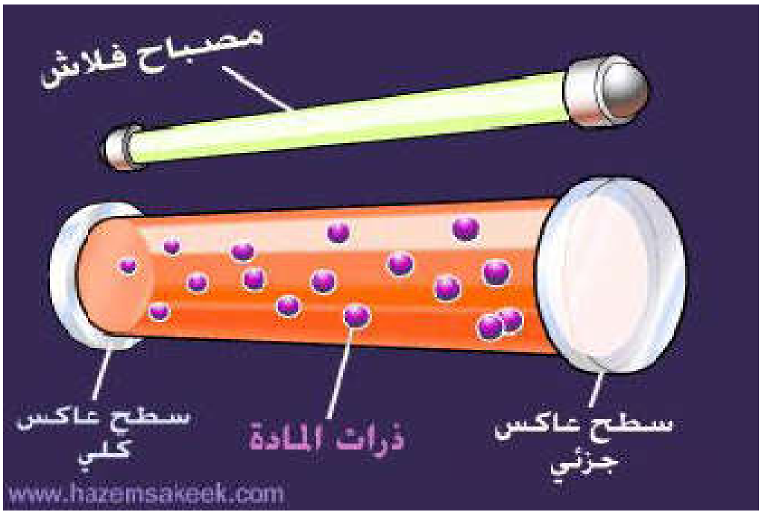
يتكون جهاز الليزر عادة من العديد من المكونات الكهربائية و الالكترونية و البصرية و أجهزة السيطرة و التضمين، ومن أهم المكونات الرئيسية التي يشترط وجودها في أجهزة الليزر هي: [10]

1- الوسط الفعال:إن الوسط الفعال المستخدم في الليزرات يكون عادة في حالة صلبة أو سائلة أو غازية.

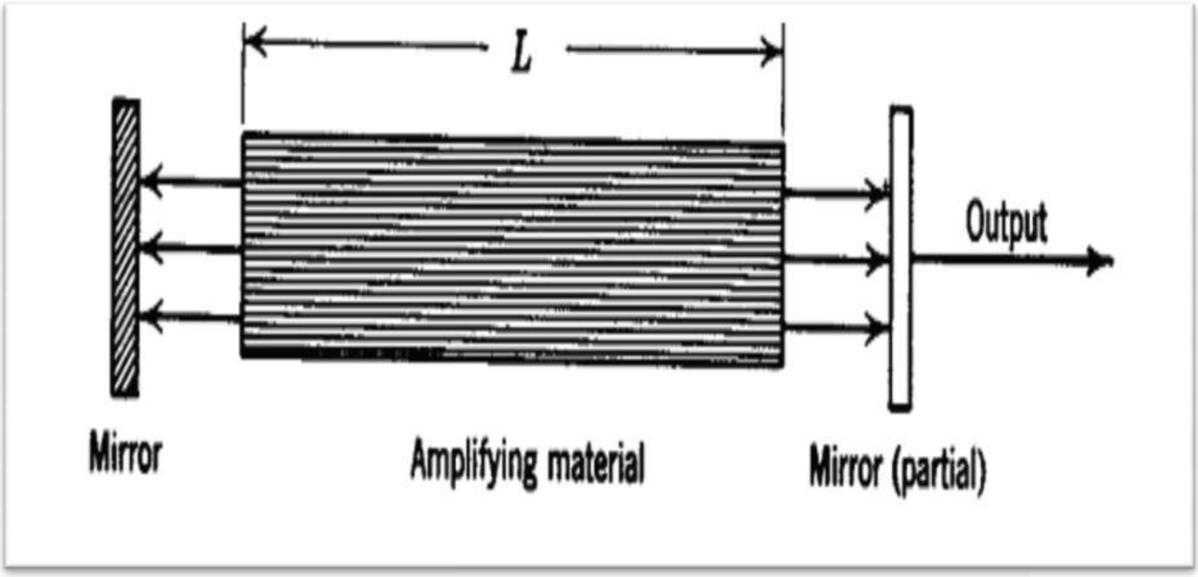
ومن الليزرات الصلبة ليزر الياقوت انظر الشكل [5].

2- المرنان (مرآتان) : ويقوم المرنان بمساعدة الفوتونات المنبعثة لتنعكس ملايين المرات في الثانية ذهابا و إيابا بين المرآتين , مارة في كل جولة خلال الوسط الفعال لتحفيز إعداد كبيرة من الذرات أو الجزيئات المتهيجة لكي تنبعث فوتونات جديدة أخرى للحصول على حزمة الليزر.

3- الضخ: حيث تقوم الطاقة الضاخة بإثارة الذرات المستقرة في الوسط الفعال لتنتقل إلى المستويات المتهيجة لكي يتحقق التوزيع العكسي المناسب الذي يضمن توليد الليزر، وهناك ثلاث تقنيات للضخ وهي تقنية الضخ الضوئي و الضخ الكهربائي والضخ الكيميائي



الشكل(I-6):مكونات الليزر الياقوت[11]



الشكل(I–7) رسم تخطيطي لجهاز ليزري[14]

I -3-5- أنواع الليزر:

يمكن التعرف على نوع الليزر من خلال طبيعة المادة الفعالة، وهناك ثلاثة أنواع رئيسية وهي:

1- ليزر الحالة الصلبة :

هو الليزر الذي ينتج بواسطة مادة أو خليط من مادة صلبة كليزر الياقوت(**Ruby**) ,وليزر النيديميومياكYAG– Neodymin ،وليزر أشباه الموصلات ارسنايدالانديومlnAs – Laser

و أرسنا يد الكاليوم**LaserGAS** و يسمى بليزر**TAG**، اختصارا و يكون طوله ألموجي في منطقة الأشعة تحت الحمراء .[10]

2- ليزر الغاز:

و هو الليزر الذي تكون فيه المادة الفعالة في الحالة الغازية كليزر ثاني أكسيد الكربون (CO2) و ليزر الهليوم نيون(He–Ne) و تكون أطوالها الموحية في مدى الأشعة تحت الحمراء.[13]

3- ليزر السائل : وتكون المادة الفعالة في الحالة السائلة و هناك أنواع عديدة منها : ليزرات الصباغ العضوية و ليزر واكسي كلوريداالنديميوم – سيلينوم. [13]

I -3-6- استخدامات الليزر:

إن الليزر منذ اكتشافه عام 1960 فرض نفسه في الكثير من الاستخدامات العلمية و العملية ,وقد استخدم كمصدر حراري في التطبيقات الصناعية و الطبية (يستخدم في العمليات الجراحية مثل:جراحة المخ و القلب و الأوعية الدموية و الجراحة العامة) وفي تثقيب المعادن و قطعها ولحامها,و يستخدم أيضا في الاتصالات .....الخ [14],كما يستخدم في تحليل المادة الصلبة و غيرها.

الفصل الثاني

الأطياف الذرية

إن الطيف الكهرومغناطسي المنبعث من الذرة له أهمية في علم الفزياء الذرية في التعرف علي العناصر المكونة لوسط،حيث لكل عنصر من العناصر الموجود في الطبيعة له طيف خاص به ولايوجدعنصرين لهما نفس الطيف ، ولدراسة الضوء المنبعث اثارة درات العنصر اما بواسطة الموشور او المطياف ويدعي براسم الطيفي[15] ،وتعتبر طرق التحليل من اهم الطرق التحليل الطيفي نظرا لسهولتها ودقتها .حيث تعتمد علي الامتصاص وانبعاث الطاقة مشعة ،و تحدد هده الانبعاث لطيف الكهرومغناطسي علي وجود عناصر من ناحية النوعية و من ناحية الكمية قياس شدة التراكيز المكونات من قياس شدة الامتصاص و الانبعاث ،حيث تعطي المعلومات التي نحصل عليها من القياسات الطيفية على شكل رسم بياني بين الطاقة الممتصة أو المنبعثة بدلالة الموقع على الطيف الكهرومغناطيسي ،ويدعى بالطيف ويقاس موقع الامتصاص بوحدات الطاقة أو الطوال الموجي[16]

II-1- تعريف الأطياف

الطيف ناتج عن تشتت شعاع تحلل ذو طاقة الى عدة أطوال موجية شريط مكون من لون واحد أوعدةألوان حيث نسمي الاشعاع الصادر عن الذرات بالطيف الذري،حيث استطاع بوهر عام 1913 وضع نظرية لذرة الهيدروجين والتى بموجبها فسر الطيف المنبعث من الذرة ،ويختلف الطيف باختلاف المصدرو الوسط الذي ينتشر فيه الشعاع .

ولي الأطياف الية اصدار حيث تمتص الذرة طاقة في صورة حرارية أو كهربائية فينتج عن دلك إنتقال الكترونات من مدار الى مدارذو طاقة أعلى كل عنصر في جدول الدوري لة مجموعة من المدرات تميزه عن اي عنصر أخرا وبمعني أخرا إن الالكترونات تترتب في مدرات الطاقة حول النواة بطريقة مميزة عن الكترونات أي عنصرا أخر

وكذلك الاطوال الموجية المنبعثة عن انتقال الكترونات بين المدرات سوف يكون مميز لان كل عنصر له بصمة خاصة تعرف بالطيف الخاص به .

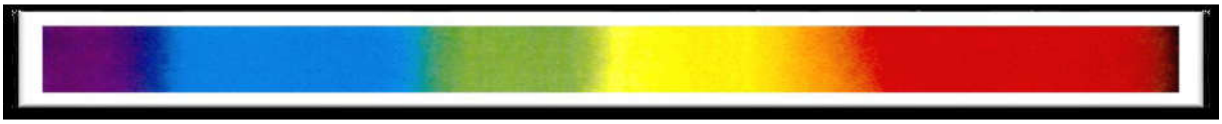
II-2- أ نواع الأطياف

إن الطيف لمرئي يتكون من سبعة ألوان ويمكن رؤيته العين وهي نوعان:

II-2-1- طيف اصدار(انبعاث)

يتم الحصول علية بإثارة الذرات بواسائل مختلفة حرارة كهرباء فالطاقة الممتصة تجعل الكترونات ترتقي من وضع ارضي الى وضع اعلى طاقة ومن المعروف ان عمر الحالة المهيجة اللاالكتروناتقصيرة،فتعود الكترونات الى الحالة الطبيعية اي الوضع الارضي فتحرر طاقة على شكل ضوء اشعاع ويمكن ان تعود الكترونات الى وضع الارضي عبر حالة مثارة ادني ،ومن جهة اخري يمكن للحالات المثارة ان يكون لها اعمار مرموقة يستمر معها الاصدار الضوء بعد التوقف الإثارة وتعرف هذه

الحادثة بالفسفرة [17،18].



شكل (II–1): يوضح طيف الاصدار(الانبعاث) [17]

وهناك نوعان من طيف الاصدار(الانبعاث) هما الطيف المستمر وغير المستمر(الطيف المتقطع)

الطيف المستمر: ويتكون من حزمة غير متقطعة من ألوان وأطوال جميع الموجات المرئية وذللك مثل طيف الذي تعطية غالب المواد الصلب عند درجة حرارة عالية

الطيف المتقطع : ويتكون من نمط خطوط مضئة على ارضية داكنة ويسمى بخط الطيف المرئي لطيوف الخطية

II-2-2- طيف الامتصاص:

تعطي معظم المواد الصلب اذاتعرضة الى درجة الحرارة عاليةفانه ينطلق اشعاع طول موجته مساوي لطول موجة الضوء المرئي يولف هذا الاشعاع عادة من طيف مستمرا فلا يشكل مناطق مظلمة.

إذا كنا نريد معرفة طيف مادة ولا نستطيع جعلها تتوهج عن طريق التسخين،عندها نضع منبعا لطيف المستمر ونمرره عبر هذه المادة فتمتص المادة الفوتونات التي تتوافق معها كذرة بحسب بنيتها الداخلية ،فتظهر اما من امتصاص بلون اسود وهذا ما يسمي بطيف إمتصاص الدي يساعدنا من معرفة نوع المادة [18،19]

شكل (II– 2) : يوضح طيف الامتصاص [17]

II-3- التعريضات و اشكال الخطوط

تم تطوير وإستعمال عدة تقنيات بنجاح من أجل تجسد عوامل الأوساط غاز بلازما إن لطرق النظرية هي التقنيات الأكثر إستعماالا عموما ومن بين هذه الطرق نجدد طريقة مطيافية و الإمتصاص و الإصدار

عند اصدار أو إمتصاصالإشعاعات ، تكون الأشعة تكون لأشعة الطيفية ليست رقيقة جدا،لكنها تمثل بعض العرض و بعض المقاطع ،وهي تمثل توزيعات الإشعاعات I (v) او I (w) حول تردد مركزيv0 او w0،مطيافية لإصدار الذري هي طريقة توافق جدا تشخيص الغازات و البلازما [20].

II -3-1- دراسة بعض أسباب تعريضات الخطوط الطيفية

أساب تعريضات الخطوط الطيفية المنبعثة من مراسل كثيرة منها:

- التعريض الطبيعي يكون بواسطة الإشعاع
- التعريض فعل دوبلر
- التعريض التصادمات

II-3-1-1- التعريض الطبيعي

كلاسكيا: سببه كبح حركة الكترون المهتز الدي يفقد طاقته عند اشعاع

كميا: تعريض المستويات سببه يتعلق بمدة حياة محدودة للمستويات الذرية حيت أننا لا نستطيع تحديد الزمن و الطاقة في إن واحد (مبدأ الإرتيابلهيزنبرغ)

$\Delta Ej = \frac{\hbar}{\tau j}$ **(1-II)**

الذرات تستطيع أن تأثر على الانتقال من حالة(a) الى الحالة المثارة(b) بطاقة منخفضة (a) لا يمكن اعتبارها حالة مستقرة و الخطوط الطيفية غير متناهية الدقة لكن لديها توزيع لتواترها ، واحتمال العثور على ذرة تصدر في حالة j تعطي بالعلاقة[21،22] :

$$\mathbf{Pj = \psi j(r \cdot t) \times \psi j(r \cdot t) \times exp(-\gamma t)} \qquad \textbf{(2-II)}$$

$\boldsymbol{\psi\, j(r \cdot t)}$: دالة الموجة التي تصف حالة الذرة عند الحالة المثارة j:

$\boldsymbol{\gamma}$:يمثل معدل الانبعاث

الدالة: $\boldsymbol{\psi\, j(r \cdot t)}$: يمكن التعبير عنها بجزأين احدهما موضعي والأخر زمني على النحو التالي

$$\psi j(r,t) = U(r) \times \exp(\frac{-iEjt}{\hbar}) \quad \textbf{(3-II)}$$

حيث: jE: طاقة الجرة عند الإصدار في الحالة j

بفرض إن الاهتزاز يبدأ عند الزمن t=0 وتوزيع الطاقة يعطي بالعلاقة التالي :

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

$$f(\omega) = A\int_0^{+\infty} e^{\left(-i(\omega-\omega 0)t\frac{\gamma}{2}t\right)}dt \quad \textbf{(5-II)}$$

0ω: التواتر الطبيعي المشع،

دالة التوزيع تعطي بالشكل :

$$\boldsymbol{E(\omega) = \frac{1}{2\pi}\frac{A^2}{\omega-\omega 0+\frac{\gamma^2}{4}}} \quad \textbf{(6-II)}$$

شدة الإشعاع اللورنتزيةتاخد الشكل

$$\mathbf{I(\omega) = \frac{\gamma}{2\pi}\frac{1}{(\omega-\omega 0)^2+\frac{\gamma^2}{4}}} \quad \textbf{(7-II)}$$

عرض نصف الخطوط يعطي بالمعادلة :

$$\mathbf{I(\omega 1) = I(\omega 2) = \frac{I(\omega 0)}{2}} \textbf{(8-II)}$$

II-3-1-2- تعريض فعل دوبلر :

أصل فعل دوبلر هو حركة الذرات و الأيونات المرسلة (تحرك ذرات المرسل)

هو أول وصف دقيق قدمه رايلي في1889 م، حيث لاحظ أن ذرات المصدر تتحرك بسرعة **v**في إتجاه يصنع زاوية مع الإتجاه ، ويسجل تواتر**w** وتعطي عبارته كالتالي

$$\omega = \omega 0 \quad (1 - \frac{v}{c} cos\theta) \qquad \textbf{(9-II)}$$

حيث :

$\omega 0$:التواتر المتعلق بالمصد

c:سرعة الضوء في الفراغ

من خلال العلاقة نحصل على

$$\frac{\omega - \omega 0}{\omega 0} = \frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{v}{c} cos\vartheta = \frac{vx}{c} \textbf{(10-II)}$$

أذاكان الوسط يتميز بدرجة الحرارة T وبفرض دالة توزيع السرع لماكسويل نكتبها من الشكل

$$W(\mathcal{V}x)d\mathcal{V}x = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \mathbf{exp}\ (\frac{V^2x}{V^20}) \frac{d\mathcal{V}x}{\mathcal{V}0} \textbf{(11-II)}$$

حيث :

m:كتلة ذرات المصدر

K: ثابت بولتزمان

بوضع $\Delta\omega D = \frac{v0}{c}$ توزيع الشدة في خطوط الطيف من الانتقال $\mathbf{j} \rightarrow \mathbf{i}$ فنحصل على شكل دوبلر الغاسي و عبارته تأخد الشكل التالي**[21]** :

$$\mathbf{I(\omega)d\omega} = \mathbf{w}\left(\mathbf{c}\frac{\Delta\omega}{\omega D}\right)\mathbf{d\omega}\frac{1}{\sqrt{\pi}}[_(c\frac{\Delta\omega}{\Delta\omega D}\ )^2] \qquad \textbf{(12-II)}$$

توزيع غوسيان لتواتر

يعتبر تعريض دوبلر صغير عموما بالمقارنة مع التعريض الذي سببه التصادم

II-3-1- 3- التعريض بالتصادمات :

ان السبب الأساسي لتعريض خطوط الطيف هو الاضطراب الناجم عن الذرات وذ لك بمختلف جزيئات المشحونة و غير المشحونة وفي هذه الحالة يحدث التعريض بواسطة التصادم يمكن تقسيمه الى ثلاث اقسام :

التعريض بالرنين : و ذلك بواسطة اضطراب الجزيئات غير المشحونة المعتدلة اي النوع لذرات المصدر

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

تعريض ستارك : سبه تفاعل الجسيمات المشحونة(أيونات و الكترونات) مع ذرات المصدر ويتم التعبير عن هذا التفاعل بواسطة تأثير حقل ضعيف (**mico –champ**) ايوني والكتروني مع ذرات المصدر الحقل E يعمل على اضطراب مستويات الطاقة الذرية لتصل الى أدني المستويات هذ ا الطرح يعمل على تحلل مستويات الطاقة الذرية الى عدة مستويات **[21،23]**

$$\delta s[A^\circ] = 2W\left(\frac{ne}{10^{16}}\right) + 35A\left(\frac{ne}{10}\right)^{1/4}\left[1 - BND^{\frac{1}{3}}\right]2W\left(\frac{n}{10^{16}}\right) \qquad \textbf{(13 -II)}$$

اذ كان ذو ضغط منخفض نسبيا فان الطيف ياخد الشكل اللورنتيزي .**[20]**

II-4- الطرق المستعملة لتحليل الاطياف :

II-4-1- شدة الخطوط الطيفية :

I-4 - 1-1- شدة الخطوط الطيفية الذرية :

لا تتميز الخطوط الطيفية بالترددات المنقولة فقط ولكنها تتميز ايضا بالشدة التي كم وشدة الخط الطيفي الموافقة للانتقال من المستوي الاولي الى مستوي النهائي ، وتعطي من قبل القانون الكلاسيكي(**1**) :

$$Iif = Ni\ Aifhvif\ = NiAif\ h\frac{c}{\lambda if} \quad \textbf{(14-II)}$$

$$Ni \quad = \frac{Ngi}{B(T)}\exp\left(\frac{Ei}{kBT}\right) \quad \textbf{(15-II)}$$

حيث:

A if: احتمال انتقال معامل اينشتاين

Vif:نبض هذا تردد

N i:عددالذرات المثارة في وحدة الحجم

h:ثابت بلانك

(B)T:دالة التوزيع

الشدة ويعبر عنها ب **Iif**

II-4-1- 2- شدة الخطوط الطيفية الجزئية :

إن انتقال من حالة تتميز باعداد الكم الى حالة تتميز باعداد الكم،وشدة الخطوط الطيفية المنبعثة خلال هذه المرحلة الانتقالية هي الطاقة المنبعثة في وحدة الزمن استراديانو تعطي المعادلة ب :

$$I_{n''.v''.j''}^{n'.v'.j'} = hv_{n.v''.j''}^{n'.v'j'}A_{n.v''.j}^{n'.v'j'}N(n'.v'.j') \quad \textbf{(16-II)}$$

حيث

h : **ثابت بلانك**

$N(n'.v'.j')$:كثافة المرسل

$A^{n'.v'j'}_{n.v''.j''}$:حتمال الانتقال

$v^{n'.v'j'}_{n.v''.j''}$ **العدد الموجي للانتقال الى ب**($n'.v'.j'$) **الى**($n''.v''.j''$)

$I^{n'.v'.j'}_{n''.v''.j''}$**الشدة ويعبر عنها ب**: (W/m^3) [21]

II-4-2- تحديد درجة حرارة الالكترون :

هناك عدة طرق لتحديد درجة حرارة الالكترون وندكر منها نسبة الخطين و الرسم التخطيطي بولتزمان .

1 – نسبة الشدة بين الخطين:

تتم هذه الطريقة بين انتقالين شعاعين في شروط من التوازن مستويات الطاقة الحرارية المحلية توازن ترموديناميكي محلي لدرجة حرارة معينة وفقا للمعادلة يمكن ان نستنتج درجة الحرار ة التي تنبعث من نوع الاشعاع المرسل ، نستخدم نسبة شدة بين الخطين ونفس النوع

$$\frac{Iij}{Ikl} = \frac{gi.Aij.\lambda kl}{gk.Akl.\lambda ij}\exp\left(\frac{Ek_Ei}{kT}\right) \qquad (17\text{-}II)$$

$$KT(ev) = \left(\frac{(Ek-Ei)}{\ln\left(\frac{Lij.gk.Akl.\lambda ij}{Ikj.gi.Aij.\lambda kl}\right)}\right) \qquad (18\text{-}II)$$

2 – طريقة الرسم التخطيطي لبولتزمان :

يتم تقيم درجة الحرارة الإثارة من قياس الخط طيفي للانبعاث الضوئي المتعلقة بالانتقال من المستوي الي المستوي على افتراض أن عدد السكان في المستويات الدرية يحقق توزيع بولتزمان وتعطي شدة الخطوط الطيفية ب :

$$Iif = \frac{hcngiAif}{\lambda B(Texc)}\exp\left(\frac{Ei}{Texc}\right) \qquad (19\text{-}II)$$

حيث

h: ثابت بلانك

C:سرعة الضوء في الفراغ

B Texc:هي دالة التوزيع

Aif: هو طول الموجي الموافق للانتقال **[25]**

الفصل الثالث

التحليل الطيفي لعينة الغرافيت

وحساب درجة الحرارة الالكترونية

للوسط

سنتطرق في هذا الفصل إلى تحليل الأطياف التجريبية الصادرة عن الوسط الذري الذي تشكلت به البلازما نتيجة تسامي المادة الصلبة بواسطة الليزر ، وذلك انطلاقا من تحضير قاعدة المعطيات الذرية لكربون وبعض الشوائب (الاكسجين ، الهيدروجين ، الأزوت)، وكتابة وتنفيد البرنامج الرقمي بلغة الفورترون وحساب الأطياف النظرية ورسمها و مقارنتها مع الأطياف التجريبية ، وقبل أن نقوم بهذا سنتطرق أولا الى توضيح التجربة التي من خلالها تحصلنا علي الطياف التجرييبة المراد دراستها.

وتعتمد هذه التجربة على تقنية التحليل الطيفي المستحث بالليزر وتسمي هذه التقنية ب"LIBS" وهياختصار ل

(Laser induced – breakdownspectroscopie)،

تقوم هذه التقنية على تسليط نبض ليزر على الهدف فتتولد البلازما ،فيتم تجميع الإشعاع المنبعث من البلازما بواسطة نظام من الياف البصرية الشكل(1) يبين المخطط توضيحي للمطياف .

التقنية"LIBS"لديها العديد من المزايا فهي تسمح بالمسح عن بعد في الوقت الحقيقي ،وهي غير مدمرة للعينة ، كما يمكن تطبيقها في مجالات عديدة مجالات عدة مثل الطب [26-27] و المجال العسكري[28] وكذلك على أي نوع من المواد مهما كانت حالتها: كالسوائل[29-30] الحالة الغازية[24-32]كالهواء أو حالةالصلبة (جميع المواد الصلبة). وهذا ما سنطبقه في دراستنا هذه حيث اخترانا العينة من الغرافيت (الكربون)

III-1- التجربة :

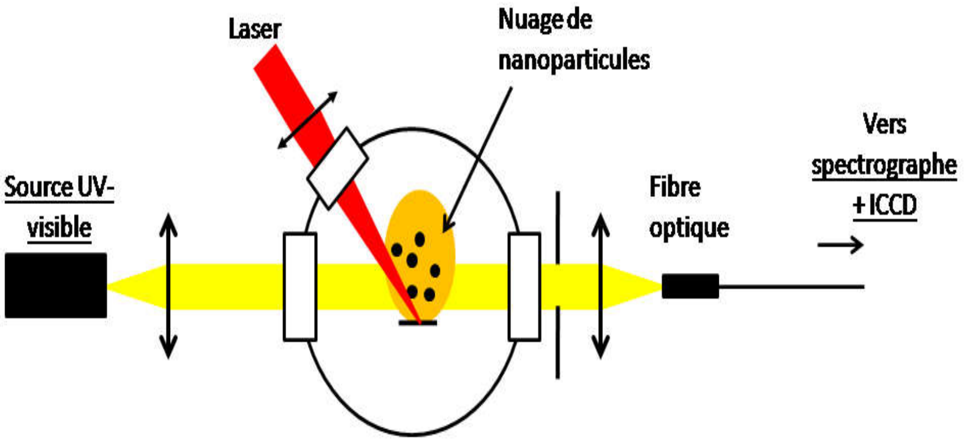
تعتمد هذه التجربة على تقنية التحليل الطيفي المستحث بواسطة الليزر "LIBS"الشكل (III-1) يوضح التركيب التجريبي للتقنية ويتكون من أربعة أجزاء رئسية(جهاز ضخ الليزر ، مرآة ،العدسة ، الياف البصرية ،

الكاميرا LCCD ، المطياف ، جهاز كمبيوتر)، حيث يسلط ضوء الليزر على العينة الصلبة وهي الغرافيت(**الغرافيت** هومعدن متوافر بشكل طبيعي بكثرة وهو أحد أشكال الكربون المتآصلة تبلوره غالباً بنظام سداسي ونادراً ما يكون بالنظام الثلاثي)

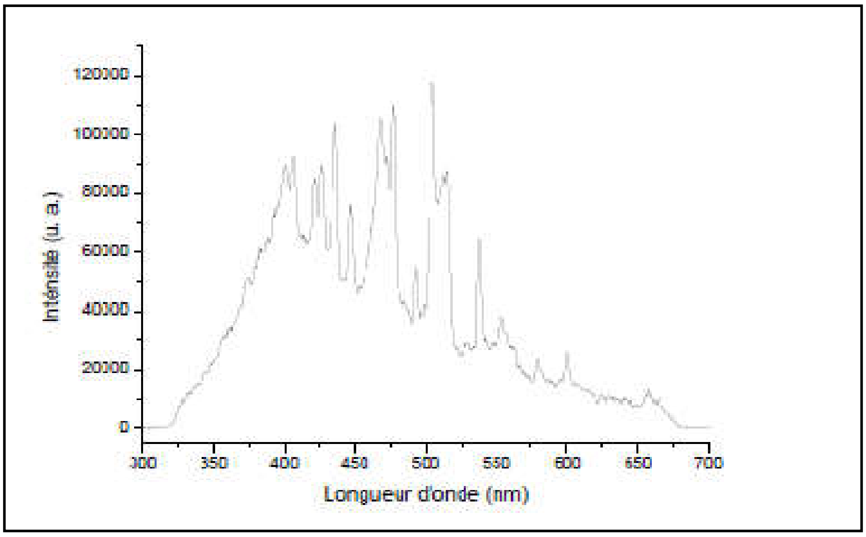
وهذا الليزر يتم ضخه بواسطة مصباح فلاش ذو تردد20HZ ، و يتم إستخدام في هذه التجربة ليزر نيديومياجNd :yag

ذو الطول الموجي 1. 064nm إذ يعمل هذا الأخير بنظام نبضات تحمل طاقة في حدود من 10إلى100ملي جول وتعتبر هذه الطاقة كافية لانتزاع بعض الجسيمات من المادة اي تفكيك روابط العينة ، حيث أن نبضة تصل إلى العينة يكون لها زمن يتراوح بين 5إلى20 نانوثانية .ويمر هذا الليزرعبر العدسة لتقوم بتجميعه على عينة الانه كلما كان تركيزه اكبر كلما كانت الطاقة اللازمة لانتزاع الجسيمات من العينة أقل اي تتحول عينة الغرافيت 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 الكترونات في الاسترخاء وتتنقل إلى مدارات الأرضية مصدر فتونات تعرف باسم طيف الانبعاث ،تسقط هذه الفوتونات الضوئية على عدسات تجمعها و تركزها على نظام من الألياف البصرية فتقوم هذه الأخيرة بنقل الضوء إلى المطياف حيث يحتوي المطياف على منشور يعمل على تشتيت الضوء حسب طوله ألموجي فيقوم الكمبيوتر بتسجيل الطيف بكاميرا ورسمه لدراسته و الشكل (**III–2**–) يوضح الطيف المتحصل عليه[35] .



الشكل: (III-1)وصف تخطيطي وتوضيحي لتحليل LIBS

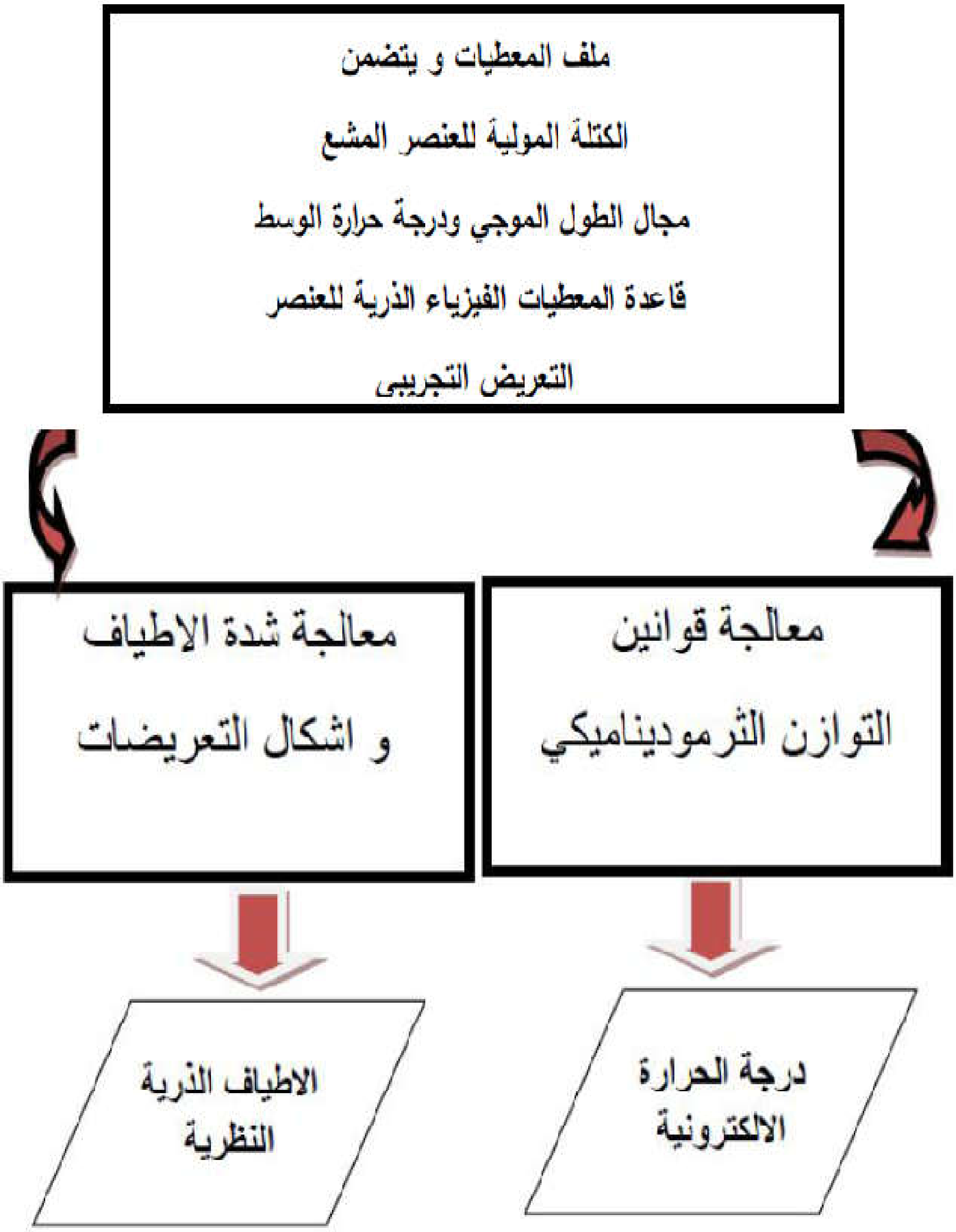


شكل (**III–2**) **طيف الغرافيت التجريبي عند مجال الموجي من 300nmالى700 nm** [35]

III-2- دراسة الأطياف التجريبية :

لدراسة الأطياف التجريبية الناتجة عن العينة نقوم برسم الأطياف الكربون وشوائب نظريا وذلك انطلاقا من قاعدة معطيات الفيزياء الذرية وبإستخدام البرنامج العددي الذي تم إعداده بلغة الفورترون وهذا البرنامج مبني على المعادلات التالية :

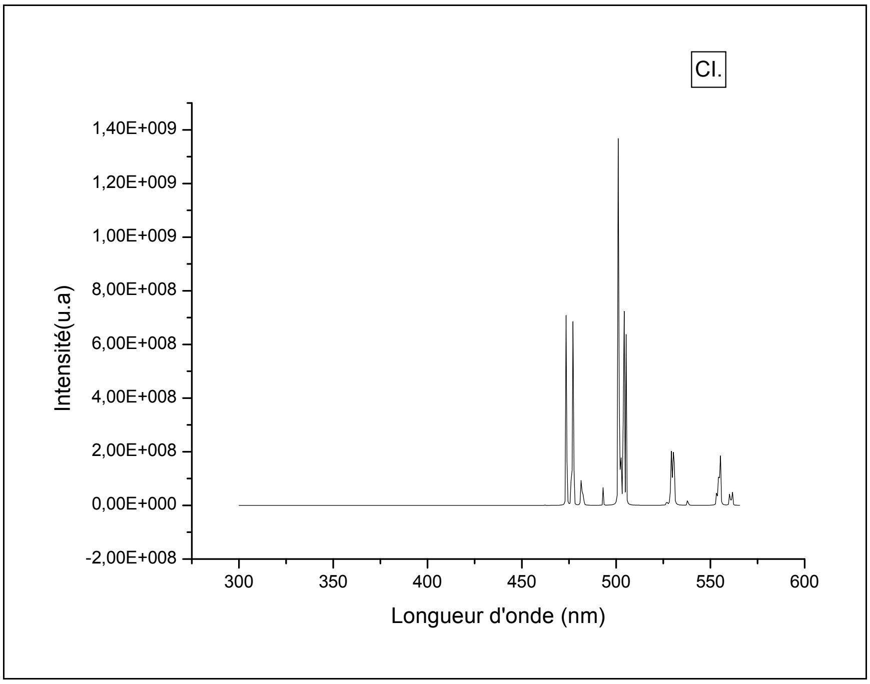
- توزيع ماكسوالبولتزمان
- توزيع بولتزمان
- قانون ساها
- قانون دالتون
- قانون الحصيلة الحيادية للبلازما
- قانون انحفاظ المادة
- التعريض الطبيعي
- تعريض دوبلر
- مفعول ستارك
- تعريض التصادمات
- التعريض التجريبي شكل غاوس
- التعريض التجريبي شكل لورنتوز
- قانون التعريض المراكب (شكل فوايت)



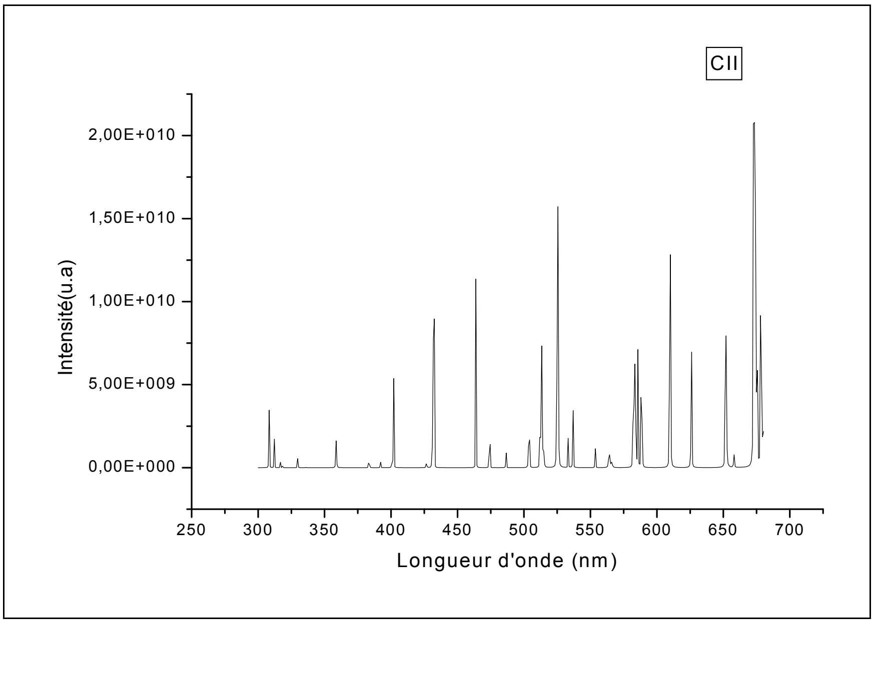
شكل (III–3): مخطط توضحي للبرنامج

III-3رسم الأطياف الغرافيت و بعض الشوائب المحتملة:

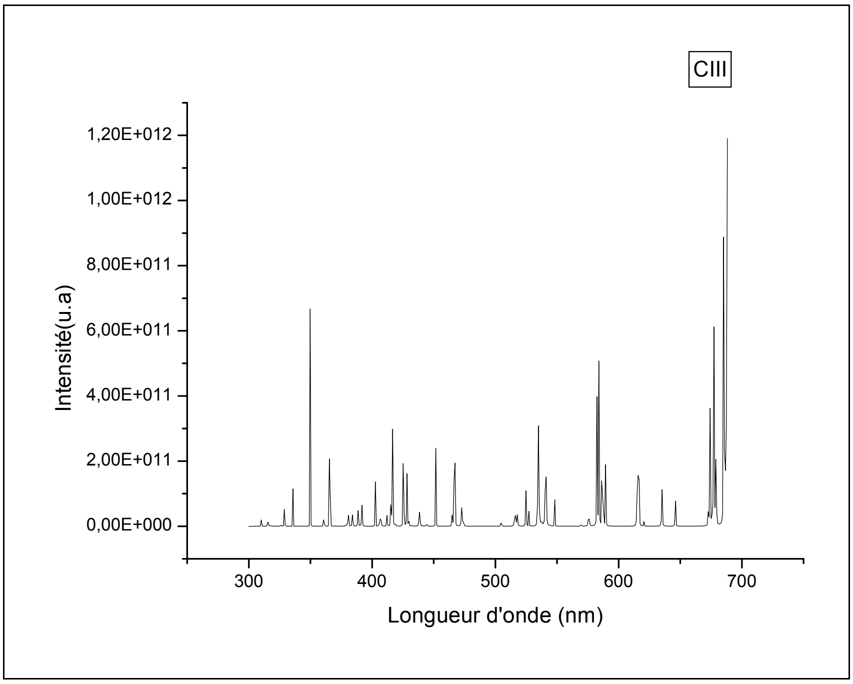
نقوم برسم الأطياف النظرية لغرافيت المكون من الكربون CIوCIICIII وبعض الشوائب المتوقع وجودها في العينةNIو HI و OIبالاعتماد على قاعدة المعطيات الدولية للفيزياء الذرية و بفرض إن الوسط في حالة توازن ترودیناميكي محلي



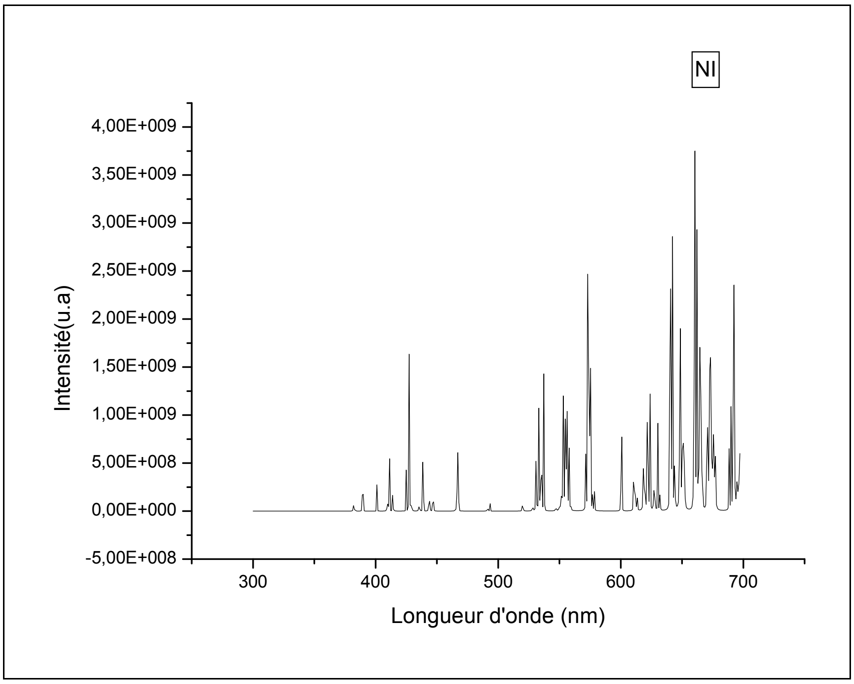
شكل(III- 4)طيف الكربون النظري:(CI)



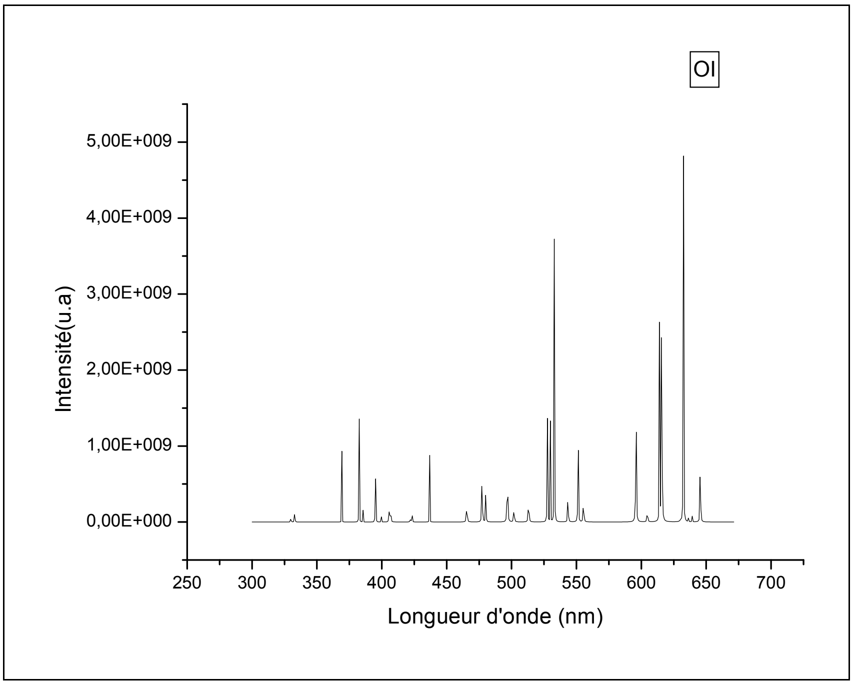
شكل(III- 5)طيف الكربون النظري:(CII)



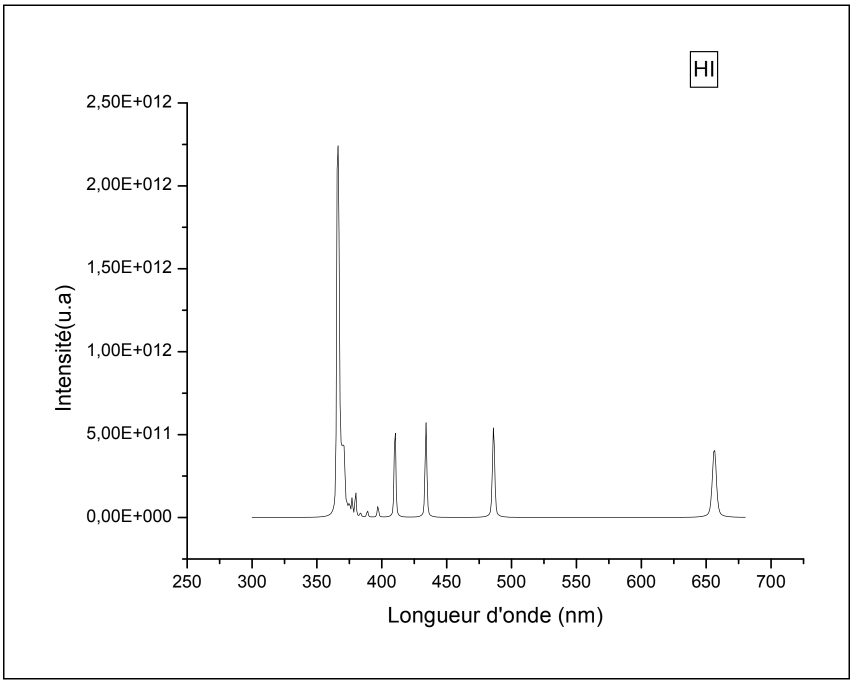
شكل(**III– 6**)طيف الكربون النظري:(**CIII**)



شكل(III– 7)طيف الازوت النظري:(NI)



شكل(III– 8)طيف الأكسجين النظري:(OI)



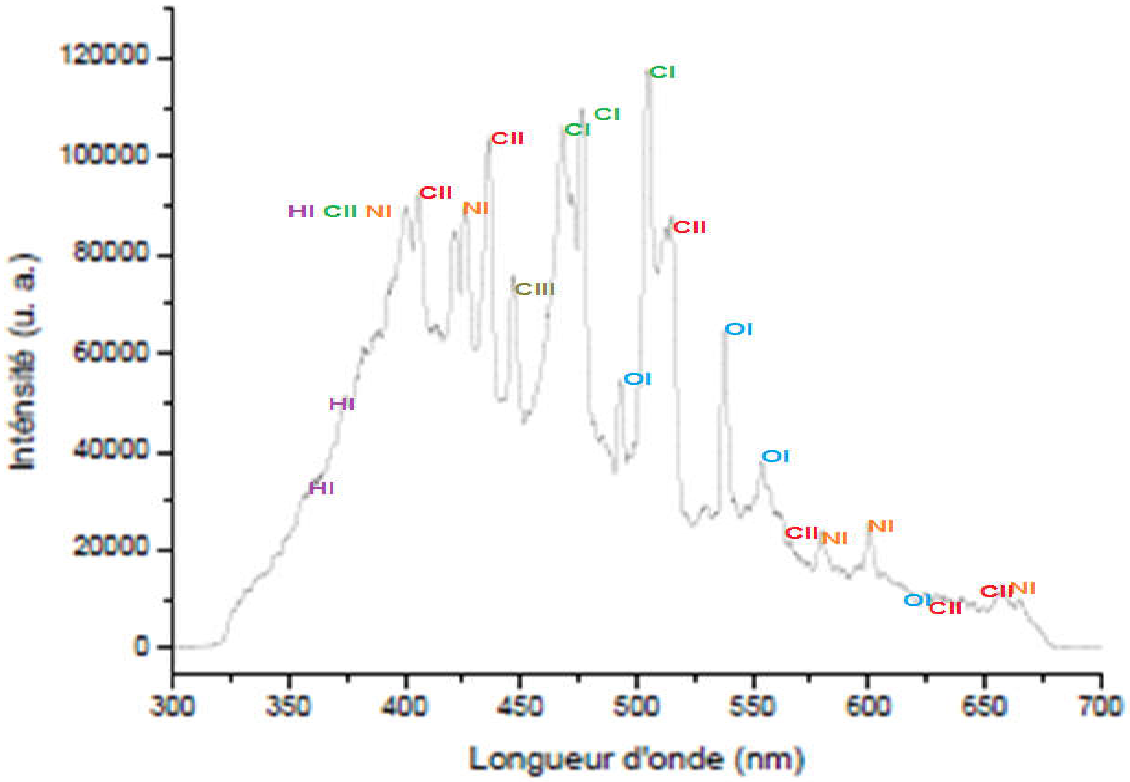
شكل(III– 9)طيف الهيدروجين النظري:(HI)

III- 4 المقارنة و تحديد 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 وبعض الشوائب المتوقعة والجدول(III-1) التالي يوضح هذه العناصر:

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

الشدة التجربية (cm)	الطول الموجي λ(nm)	العنصر
7.5	505	CI
6.7	547	CI
6.5	455	CII
5.5	425	CI ,NI
2.2	525	OI , CI
2.6	512	CI
2	523	CII
4.3	528	OI
3.3	537	CII ,OI , NI
1.3	576	NI
0.9	628	OI
1	640	NI
1.4	654	NI ,HI
0.8	650	OI
1.6	525	CII ,OI
2.6	550	OI
5.4	422	HI ,NI ,CI
5.7	430	HI
3.4	375	HI
6.8	480	HI



شكل(III– 10): يوضح العناصر المشعة بالطيف التجريبي التي تم تحديدها

III–4–1:الملاحظة والإستنتاج:

من الجدول نلاحظ إن اكثر الأطياف النظرية المطابقة للطيف التجريبي هو (CI) ويوجد كذلك (CIII), (CII), ويوجدبعضالشوائب مثل الأزوت NI والهيدروجين HI والأكسجينOI

ومنه نستنتج أن الكربون هو المكون الأساسي للغرافيت بالإضافة الى بعض الحالاته المؤينه وذلك نتيجة للطاقة العالية المسلطة على الوسط ، أما بقية العناصر فتعتبر شوائب

III5– تشخيص الوسط وحساب درجة الحرارة :

هناك عدة طرق تطبق من اجل تحليل الأطياف كما ذكرنا سابقا في(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 الكربون التجريبي وطيف الكربون النظري عند الطول الموجي (477). (505) وكما أنه يوجد تداخل بين الأطياف عند هذين الطولين وجود تباعد بين طاقة الانتقاليين فاننا سنعتمد على هذين الطيفين لاستنتاج درجة الحرارة الالكترونية لبلازما الوسط المتشكلة

الجدول (III_ 2):معطيات الفيزياء الذرية للانتقالات المختارة

	العنصر	g_k		g_i	E_k (eV		E_i (eV)	A_kA_{ki}	الطولالموجي
1	**CI**	1	–	3	10.081280	–	7.482772	1.07e+06	477.0027
2	**CI**	5	–	3	10.138162	–	7.684766	2.60e+06	505.2167

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

حيث : $K_B = 8.617.10^{-5}(ev/k)$

ومن معادلة (**II–18**) **نجد** :

III -5- 1مناقشةالنتائج:

من خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ ان درجة الحرارة الالكترونية المحسوبة تدخل ضمن مجال درجات الحرارة الالكترونية للبلازما المخبرية و التي تكون غالبا محصورة مابين 2 و 5 إلكترون فولط .مع العلم ان تشخيص البلازما المخبرية 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 الغرافيت في توازن حراري جزئي.

خلاصة الدراسة

خلاصة الدراسة

لقد تمكنا في هذه الدراسة من تحديد تركيبة المادة الصلبة والمتمثلة في الغرافيت وذلك إنطلاقا من تحليل أطياف الغرافيت الناتجة عن التسامي بالليزر بإستخدام تقنية LIBS.

حيث كما تطرقنا في هذه المذكرة إلى عرض حول حالات المادة،و البلازما وكذلك حول عموميات الليزر وتطبيقاته ،كما قمنا بشرح تركيب التجريبي لتقنية LIBS الذي من خلاله تحصلنا على الأطياف التجريبية الناتجة عن التسامي مادة الغرافيت ومن تحديد العناصر المسؤلة عن الإشعاعات بالوسط قمنا بتحفيز المعطيات الفيزياء الذرية للعناصر الكيميائية المتوقع تواجدها بالوسط

(CII,CIII ,CI) وكذا بعض الشوائب (NI,OI) ، بعد الحساب ورسم الأطياف الذرية باستخدام برنامج رقمي توصلنا من تحديد العديد من العناصر المشعة والتي كان أغلبها تابع لعنصر الكربون ،وكذلك إنطلاقا من تطبيق الطريقة الطيفية المستعملة لتحليل الأطياف وهي طريقة حساب نسبة الشدة بين الخطين قمنا بحساب درجة حرارة الوسط وتحصلنا على T=3237k وهي ضمن مجال البلازما المخبرية ،كما أثبتت هذه النتائج وجود توازن حراري محلي جزئي بالوسط.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

[1] الموقع الالكتروني: http://www.encysco.blogs.com

[2] وليد مصطفي صهيوني،مقدمة في الفيزياء البلازما ،يونيو2006، سلطنة عمان

[3] علي ابراهيم مهدي العزاوي ،الكهرومغناطيات ، الجامعة المنتصرية،بغداد

[4]A.Dinklage .T.Klinger.G ,Marx ,L. schweikhard,plasma physic springer .Berlin2005.

[5] Jean_ loup Delecroix et Abraham Bers . physique des plasma , Inter Editions / CNRS Editions (1994) .

[6] اسماعيل شيحي ،حساب دوال الحقل الكهربائي الموضعي و مشتقاتها داخل البلازما باستخدام المحاكاة العددية مونتي كارلو تطبيقا على الهليوم، رسالة الدكتوراه دولة ، جامعة منتوري قسنطينة2005

[7] AzzaouiMohammed.etude de spectroscopie atomique et moléculaire dans un pulvérisateur cathodique magnétron. Mémoire de Magister Université de Ouargla 2013

[8]B.Held ; « physique des plasmas froids», dunod ,Paris 2005

[9] M. Moisan et J pelletier ; « physique des plasmas collisionnels » ; EDP scienes ,France,2006

[10] "تقنيات الليزر وإستخداماته"، يوسف مولودحسن ، صالح مصطفي الأتروشي ،كلية الهندسة جامعة دهوك . الطبعة (1) 2008.

[11] الليزر واسس استخدامات ، صالح الأتروشي . رياض وديع يوسف ،جامعة دهوك زطبعة (1) 2008.

[12] الليزر وتطبيقاته د. سعود بن حميد الليحاني بجامعة أم القرى .

[13] فيزياء الليزر وتطبيقاته .د . محمد الكوسا (جامعة دمشق 2006/2005)

[14] الليزرات .بيلا .آ ليكيل . جامعة فرنالدو ، فاروق عبودي قصير . جامعة الموصل 1984

[15] فيزياء الضوء و الصوت و الفيزياء الحديثة (النظرية السنيةو الشعاع والفيزياء الذ رية) .محمد خليل أبو زلطة. امجد حسين أبوجزر.مصباح جمعة عقل . زياد عبد الكريم القاضي . الطبعة العربية الأولى 2010، عمان -الأردن

[15] سميحة بضياف. دراسة التركيب الجزئي لرمل كثبان الرمل منطقة ورقلة ، باستخدام مطيافية الامتصاص ما تحت الاحمر وحيود الاشعة السنية . مذكرة الماستر 2012

[16]الموقع الإلكتروني: http://www.bytocom.com/vbshowthread. php:

[17] الأطياف في الفلك .د .فواز سيوف . المعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته –جامعة دمشق

[18] http//:forums. Arabsbook . com/threads/61534.

[19]F.khelfaoui: « cour de master physique du rayonnement» .2012-2013.

[20]W.demtroder. Atams Molecules and photoms.springer -verlag .2006.Berlin Heidelberg.

[21] Moussa O .chribetta.contribution à la théorie d'élargissement des raies spectrales émise par les plasma : Application la raie Ly -α de l'atome de l'hydrogéne. Doctorat de3 émecyle.Université cheikh AntaDiop de Dakar- sénégal.2004.

[22] L- ben Mabrouk. « Etude spectres d'émission d'ions de Déposition sur couches» Mémoir de Magister Université de Ourgla2003.

[23]S.lemkeddem et F.Khelfaou; « specter de raies d'emission d'une torche plasma en utilisant la technique del'inversiond'abel

,Séminair International sur la physique des plasmas (SIPP2011),Ouargla,2011

[24]H.Park,S.J.YouetW.Choe; « Correlation between excitation temperature and electron temperature with tow groups of electron energy distributions»,Physics of Plasma,vol.17,p.103501,(2010).

[25]S.Svanberg; Appli. Phys ,B92,pp.351-358 (2008).

[26]JesusAnzano,BeatrizBonilla,Beatriz Montull_Ibor;Med.Chem.Res.18,pp.656- 664(2009).

[27]F.Colao,R. Fantoni;Appl. Phys .A79,pp.143-152 (2004).

[28] Riadh Hannachi; ―Etude expérimentale et propriétés radiatives d'un plasma thermique induit par impact laser à la surface de milieux aqueux H2O-CaCl2 /MgCl2 /NaClToulouse, Thèse Doctorat(2007).

[29]HiroyasuHotokezaka,NoboruAoyagi, Noriko U. Yamaguchi; Microsyst. Technol. 11,pp. 974-979 (2005).

[30]JenniferL.,Gottfried Frank C.,De Lucia Jr,chase A.Munson.Anal.Bioanal.chem.395,PP.283_300(2003).

[31]C.Hasich,R.Niessner,O.I.Matveev,Fresenius;J.Anal.chem .356,PP.21-26(1996).

[32]NicolasLeons ; «Développement d’une technique d’analyse hautement sensibeet polyvalente par spectroscopie de plasma induit par laser :applications auxaérosols et aux Matériaux biologiques »Thése Doctorat ;paris(2007)

[33]S.M.pershin,F.Colao,V.Spizzichino;Laser physics,Vol.16,pp.455-467(2006)

[34]www.hazemskeek.

[35]M.Achouri,S.A.Beldjilali,T.BabaHamed et A.Belasri "spectroscopique du plasma d’Ablation LASER Appliqué a l’analysedu"

[36]NIST Atomic spectra Database, htt//physics.nist.gov.

ملخص:

لقدتمفيهذهالمذكرةدراسةأطيافالغرافيت الناتجةعنالتساميباالليزربتطبيقطريقة(LIBS) وهيالتحليلالطيفيالمستحثبواسطةالليزر , حيثتمتطبيقهعلىعينة ،وتمتدراسةالبلازماالناتجةمنتفاعلالليزرنيديومياج(Nd :yag) ذوالطولالموجي (1.064 nm)مععينةالغرافيت تمتجميعطيفالبلازماالناتجبواسطةليفبصريمتصلبجهازالمطيافالمزودبكاميرا (LCCD) التيتقومبتسجيلخطوطالطيفليقومجهازالكمبيوتربترجمتهاإلىمنحنيات .حيثيتممقارنةهذهالأخيرة معالأطيافالنظريةالتيرسمت برنامج عددي بهدف التعرف على العناصر الموجود في العينةمثل الكربون وكذلك تحليلها عن طريق حساب درجة حرارة (T=3237) البلازمابتطبيقطريقة حسابنسبةالشدةبينخطينومقارنةالنتائجالنظرية بالنتائجالتجريبية.

كلماتالمفتاحية :التسامي، البلازما،الأطياف الذرية ،الليزر ،LIBS ،الغرافيت ، ألياف البصرية

Summary: This graduation memoir has studied the laser-produced plasma(sublimation) from graphite by using LIBS (Laser Induced BreakdownSpectroscopy). The application was on sample, consequently, we studiedthe plasma generated from the interaction of (Nd :yag) laser which its wave lengthis (1.064) with graphite sample The plasma spectrum had been gathered by using optical fiber connected to aspectroscopy with LCCD camera, which recording the spectral lines ; than thecomputer analyse it and shape it up again into curves. Whereas , it had beencompared with theorical spectrums which had shaped by a numeric programmelooking forward to idenify the composition of elements contained in the sample exmples(CI)and its analysis by calculating the plasma temperature (T=3237k) measurment by looking tothe intensity between two lines. Than the comparaison of the theorical results withexperimental results.

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

Résumé: Cette mémoire a mis l’accent sur l’étude du spectre induit par l’ablationlaser. On est appliquée sur une échantillon, et on étudiée le plasma qu’il aété générée de l’interaction entre le laser (Nd:yag) ce qu’il porte la longueurd’onde (1.064) et l’échantillon du graphite.

Le spectre du plasma généré a été rassemblé par une fibre optique connecté a unspectroscope avec une camera (LCCD) qu’il fait l’enregistrement des lignesspectraux. Et après l’ordinateur fait l’interprétation des courbes par la comparaisonentre les spectres expérimentale et les spectres theorique ; qu’ils a revient d’unprogramme numérique, afin d’identifier les éléments composants de l’échantillon exmple (CI).Par conséquent, pour faire l’analyse on doit calculer la température (T=3237 k) du plasma par lacalculations du l’intensité entre les deux lignes, et la comparaison entre les résultatsthéorique et l’un expérimentales.

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