

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة-

رقم الترتيب:.....

الرقم التسلسلي:.....

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

التخصص: فيزياء الإشعاعات كاشف و بصريات إلكترونية

من إعداد الطالبة: بن شرودة حورية

بعنوان:

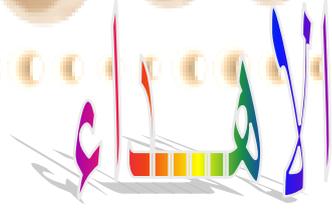
دراسة الأطياف الناتجة عن بلازما تسامي للنيكال بالليزر

نوقشت يوم: لـ 24 ماي 2016م

أمام لجنة المناقشة المكونة من الاساتذة:

|                 |                 |             |         |
|-----------------|-----------------|-------------|---------|
| بن الزاير هجيرة | أستاذة محاضرة.أ | جامعة ورقلة | رئيساً  |
| موفقي خديجة     | أستاذة مساعدة.أ | جامعة ورقلة | مناقشاً |
| بن مبروك لزه    | أستاذ محاضر.ب   | جامعة ورقلة | مشرفاً  |

الموسم الجامعية 2015/2016



إلى الطائر السابح في فضاء العطف و المحبة، إلى كتاب الحياة المنهل العذب الذي تستقي منه

النفوس العطشى وإلى ملهمي طريق السعادة والصلاح وإلى لسان العدل

مصدر الفضيلة .....أبي العزيز

إلى جنة تحرسها ملائكة الحب والطاهرة، إلى ابتسامة تحني القلب

في دنيا الحزن .....أمي الغالية

إلى ملاذي حين يضيق العيش، إلى من رافقتني في دربي صديقتي

المحبوبة .....فوزية همال

إلى ملائكة السعادة التي تحمل ابتسامة الأزهار، إلى الأحلام اللطيفة

أخواتي وإخواني وإلى أزواج أخواتي

و أولادهم وإلى كل الأهل والأقارب والأصدقاء

وكل عزيز على قلبي وإلى من يحمل بذرة حب لي.



## شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين أحمده حمد الشاكرين على

فيضي النعمة التي لا تعد ولا تحصى والصلاة

والسلام على خير معلم وخير رسول سيدنا محمد

صلى الله عليه وسلم



لا يسعني في هذا المقام إلا أن أتقدم بأخلص العبارات والشكر والامتنان وأصدق عبارات التقدير والعرفان إلى الأستاذ المشرف لزهرة بن مبروك على ما أكرمنا به من رعاية خالصة وأشكره على سعة صدره وحسن تعاونه كما لا أنسى ما قدمه لي من توجيهات سديدة كان لها الفضل الكبير بعد الله في إنجاز هذا العمل المتواضع فأسال الله الكريم أن يجازيه خير جزاء وأن يجعل ذلك في ميزان حسناته وأن يبارك فيه أيضا.

من دواعي العرفان بالجميل أن أذكر بالامتنان والشكر والتقدير إلى الأساتذة الكرام على المساعدة التي قدموها لنا من التوجيه والعون الصادق منذ البداية، إلى زميلي النوي غشي على مساعدته لي وكذلك إلى الأستاذ محمد عطوات وإلى كل من ساهم بجهد قل أو كثير في إتمام هذه المذكرة، إليهم جميعا الشكر والعرفان.

## بن شرونة حورية

| الصفحة   | الفهرس                                      |
|--|---|
| 01   | مقدمة عامة.....                             |
| <b>الفصل الأول: حالات المادة والبلازما وعموميات حول الليزر والنيكل</b> |   |
| 02   | I-1- حالات المادة.....                      |
| 03   | I-1-1- ظاهرة التسامي.....                   |
| 03   | I-1-1-1- مفهوم التسامي.....                 |
| 03   | I-1-1-2- أمثلة على التسامي.....             |
| 03   | I-1-1-3- العوامل المؤثرة على التسامي.....   |
| 04   | I-2- البلازما.....                          |
| 04   | I-2-1- لمحة تاريخية.....                    |
| 04   | I-2-2- ماهية البلازما.....                  |
| 05   | I-2-3- درجة التأين.....                     |
| 05   | I-2-4- أهم خصائص البلازما.....              |
| 05   | I-2-4-1- التوصيل الكهربائي.....             |
| 05   | I-2-4-2- التعادل الكهربائي في البلازما..... |
| 05   | I-3- عموميات حول الليزر.....                |
| 06   | I-3-1- تعريف الليزر.....                    |

|    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| 06 | .....I-3-2-خصائص الليزر           |
| 07 | .....I-3-3- شروط الانبعاث الليزري |
| 09 | .....I-3-4- مكونات جهاز الليزر    |
| 10 | .....I-3-5- أنواع الليزر          |
| 10 | .....I-3-6- استخدامات الليزر      |
| 11 | .....I-4-4- تعريف النيكل          |
| 11 | .....I-4-1- استخداماته            |
| 11 | .....I-4-2- أهميته                |

## الفصل الثاني: الأطياف الذرية

|    |   |
|----|---|
| 12 | .....II-1- مقدمة                                    |
| 12 | .....II-2- تعريف الأطياف                            |
| 12 | .....II-3- أنواع الأطياف                            |
| 12 | .....II-3-1- طيف الاصدار                            |
| 13 | .....II-3-2- طيف الامتصاص                           |
| 14 | .....II-4- التعريضات وأشكال الخطوط                  |
| 14 | .....II-4-1- دراسة بعض أسباب تعريضات الخطوط الطيفية |
| 14 | .....II-4-1-1- التعريض الطبيعي                      |

|    |   |
|----|---|
| 16 | .....II-4-1-2- تعريض دوبلر                    |
| 17 | .....II-4-1-3- تعريض التصادمات                |
| 17 | .....II-5- الطرق المستعملة لتحليل الأطياف     |
| 17 | .....II-5-1- شدة الخطوط الطيفية               |
| 17 | .....II-5-1-1- شدة الخطوط الطيفية الذرية      |
| 18 | .....II-5-1-2- شدة الخطوط الطيفية الجزيئية    |
| 18 | .....II-5-2- تحديد درجة حرارة الإلكترون       |
| 18 | .....II-5-2-1- نسبة الشدة بين الخطين          |
| 19 | .....II-5-2-2- طريقة الرسم التخطيطي لبولتزمان |

### الفصل الثالث: الدراسة التحليلية لطيف النيكل التجريبي

|    |   |
|----|---|
| 20 | .....III-1- المقدمة   |
| 20 | .....III-2- التجربة   |
| 22 | .....III-3- دراسة تركيبية العينة (Ni)                         |
| 24 | .....III-3-1- تحضير قاعدة معطيات الفيزياء الذرية لعنصر النيكل |
| 24 | .....III-3-2- رسم الأطياف الذرية النظرية                      |
| 27 | .....III-3-3- تحديد العناصر المشعة بالوسط                     |
| 28 | .....III-3-4- مناقشة النتائج                                  |

| الصفحة | فهرس الأشكال                                       |
|--------|--|
| 07     | 1-I عملية الانبعاث التلقائي و الانبعاث الإستحثاثي  |
| 07     | 2-I إنتقال الإلكترون من $E_1$ إلى $E_2$            |
| 08     | 3-I انتقال الإلكترون من $E_2$ إلى $E_1$            |
| 08     | 4-I التعداد المعكوس                                |
| 09     | 5-I مكونات ليزر الياقوت                            |
| 10     | 6-I رسم تخطيطي لجهاز ليزري                         |
| 13     | 1-II يوضح طيف الإصدار (الانبعاث)                   |
| 14     | 2-II يوضح طيف الامتصاص                             |
| 21     | 1-III وصف تخطيطي وتوضيحي لتحليل LIBS               |
| 21     | 2-III طيف النيكل التجريبي الناتج عن بلازما التسامي |
| 23     | 3-III مخطط توضيحي للبرنامج                         |
| 24     | 4-III طيف نظري للكربون Ci في مجال المرئي           |
| 24     | 5-III طيف نظري لنيكل Ni i في مجال المرئي           |
| 25     | 6-III طيف نظري لنيكل Ni ii في مجال المرئي          |
| 25     | 7-III طيف نظري للأكسجين OI في مجال المرئي          |
| 25     | 8-III طيف نظري للأكسجين OII في مجال المرئي         |
| 26     | 9-III طيف نظري للآزوت N i في مجال المرئي           |
| 26     | 10-III طيف نظري للآزوت N ii في مجال المرئي         |

| الصفحة | فهرس الجداول  |
|--------|---|
| 27     | III-1 المعطيات الذرية الخاصة ببعض بالانتقالات التي وجدت |
| 27     | III-2 المعطيات الذرية للأطياف النيكل المختارة           |
| 28     | III-3 نتائج درجة الحرارة                                |

مقدمة عامة

ظهرت فيزياء البلازما خلال القرن العشرين كنتيجة مباشرة لدراسة الإنفراغ في الغارات فمذ عام 1920 حقق هذا المجال تقدما كبيرا بسبب أهميته في الطبيعة وتطبيقاته الصناعية وشموله لأسس المعارف في الفيزياء الحديثة وبما أن البلازما تشكل الحالة الرابعة للمادة في الطبيعة وتنتج حسب تسلسل تزايد درجة الحرارة من الحالة الصلبة فالسائلة فالغازية ، حيث نجد أنه يتم تشخيص البلازما من خلال دراسة الإشعاع الكهرومغناطيسي الصادرة عنها، فيحلل هذا الأخير كيميا وكيفيا لمعرفة حالة البلازما، وبما أن الطيف المنبعث من الذرة له أهمية كبيرة في التعرف على العناصر المختلفة، حيث تدرس هذه الأطياف باستخدام المطيافية، والتي هي أساس دراستنا حيث تهدف إلى تحديد العناصر المشعة الموجودة في الوسط، وذلك انطلاقا من دراسة الأطياف الصادرة عن البلازما المتشكلة إثر عملية تسامي لهذه المادة بواسطة أشعة الليزر وذلك اعتمادا على تقنية « LIBS » وسنقدم بعض التفاصيل عن هذه التقنية خلال المذكرة، وقبل ذلك سنقوم خلال الفصل الأول بتقديم عموميات حول حالات المادة وبحكم أهمية التسامي في دراستنا هذه سنقوم كذلك في هذا الفصل بشرح هذه الظاهرة مع تقديم بشكل مختصر العوامل المؤثرة فيها، وكذلك خصائص الحالة الرابعة (البلازما) وسنركز على أهم خصائصها، كما سنقوم بعرض شامل حول الليزر (مفهومه وخصائصه وأنواعه واستخداماته) وفي نفس الفصل سنقوم بعرض شامل حول معدن النيكل (أهميته، استخداماته) ونظرا لأهمية الأطياف والتي هي أساس دراستنا فإننا سنتطرق لها في الفصل الثاني حيث سنبين أنواعها وكذا التعريضات التي تحويها وأشكال الخطوط، بالإضافة إلى نظرة شاملة حول الطرق الطيفية المستعملة في التحليل الطيفي.

أما في الفصل الثالث والذي يمثل الجزء العملي من الدراسة فإننا سنقوم بشرح التركيب الذري والمتعلق بتحليل المادة الصلبة عن طريق تقنية "LIBS"، كما سنقوم بعرض النموذج الرقمي للتحليل الذي من خلاله سنقوم بتحديد العناصر المشعة الموجودة في الوسط من جهة ، وكذا درجة حرارة الوسط مع مناقشة وتحليل النتائج المحصل عنها.

الفصل الأول:

حالات المادة والبلازما

وعموميات

حول الليزر والنيكل

## I-1- حالات المادة:

تبين من خلال دراسة خواص المادة أنه لا يمكن دراسة جزيئة واحدة من المادة دون الأخذ بنظر الاعتبار تأثيرات الجزيئات الأخرى الموجودة معها وتشكل مجموعة هذه الجزيئات ما يسمى بالمادة (Matter) حيث يمكن تقسيمها إلى أربع حالات صلبة وسائلية وغازية والحالة الرابعة هي البلازمية [6].

1 -الحالة الصلبة: تكون حبيبات المادة في الجسم الصلب مترابطة و متقاربة جدا، وهي عمليا شبه ساكنة مما يجعل للأجسام الصلبة شكلا خاصا.

2 -الحالة السائلة: تكون حبيبات المادة في الجسم السائل قريبة من بعضها البعض وأكثر حركة، و هذا ما يفسر قابلية السوائل للجريان و اتخاذ شكل الإناء الذي يحويها.

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

4 -الحالة البلازمية: وهي الحالة الرابعة للمادة، وهي عبارة عن وسط غازي متأين يحوي عددا كبيرا من الجسيمات المشحونة سلبيا و المشحونة ايجابيا، وكذا الجسيمات المحايدة [6].

و يمكن للمادة أن تتحول من حالة إلى حالة أخرى عبر ظاهرة ما فمثلا [25]:

- التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية يسمى بظاهرة التسامي.
  - التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة يسمى بظاهرة الانصهار.
  - التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة يسمى بظاهرة التجمد.
  - التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية يسمى بظاهرة التكاثف.
  - التحول من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة يسمى بظاهرة ال-توسيب.
- وسنتطرق في موضوعنا إلى إحدى الظواهر السابقة وهي ظاهرة التسامي.

## I-1-1-1- ظاهرة التسامي

### I-1-1-1- مفهوم التسامي:

هي عملية عن طريقها يتم تحويل المادة الصلبة إلى غاز مباشرة دون المرور على صورتها السائلة، وهناك عدد قليل من المواد مثل الزرنيخ و الكافور و الثلج الجاف يمكن أن يتحول إلى غاز بدون انصهارها اولا ويطلق على هذه المواد بأنها مواد متسامية [16].

### I-1-1-2- أمثلة على التسامي:

- ما يحدث في المناطق الباردة عندما تعلق الملابس المبتلة على حبل الغسيل في أحد أيام فصل الشتاء تكون درجة الحرارة فيه تحت نقطة التجمد، حيث تتجمد المياه التي في الملابس، ثم تتبخر في صورة بخار ماء دون انصهار .
- تتحول مادة اليود الصلبة بالتسخين إلى بخار دون المرور على صورتها السائلة وعندما يتم تبريد هذا البخار يتحول اليود مرة أخرى إلى بلورة صلبة و هذا التحول من البخار إلى صورته الأصلية هو أيضا جزء من عملية التسامي.
- توجد العديد من المواد التي تتسامى عند ضغوط منخفضة، بالتالي تسبب مشاكل في التطبيقات التي تتطلب تفرغا عاليا مثل الزنك و الكاديوم.
- يتسامى الزرنيخ عند درجات حرارة مرتفعة وبعض البوليمرات أيضا مثل الكيفلر.
- البعض من المركبات الكيميائية يتسامى أيضاً، مثل كلوريد الأمونيوم الذي يؤدي تسخينه إلى تفككه إلى كل من كلوريد الهيدروجين و الأمونياك في تفاعل عكوس.

### I-1-1-3- العوامل المؤثرة على التسامي:

- 1 الضغط ( والعلاقة عكسية) أي كلما نقص الضغط زاد التسامي.
  - 2 درجة الحرارة (والعلاقة طردية ) أي كلما زادت درجة الحرارة زاد التسامي.
- و المادة عندما تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية فإنها تشكل لنا البلازما فيما بعد.

## I-2- البلازما:

إن معظم المواد التي تشكل الكون هي في حالة بلازما (ما يقارب 99%)، وتشارك كل أنواع البلازما بأنها تخضع وتفسر بنفس الآليات وتديرها نفس القوانين الفيزيائية وذلك حتى بإختلاف مقادير وسائطها، كما تعرف البلازما بالحالة الرابعة للمادة لكونها لا هي حالة صلبة، ولا سائلة، ولا حتى حالة غازية، فهي عبارة عن حالة مخففة للمادة تشبه الغاز إلا أنها مؤلفة من جسيمات مشحونة وإلكترونات وأيونات موجبة متناسب معين يجعل الوسط إجمالاً متعادلاً كهربائياً [8].

### I-2-1-لمحة تاريخية:

إن أول من أطلق مصطلح الحالة الرابعة للمادة هو الإنجليزي " Sir William Crookes " عام 1879م لوصف القسم المتأين من الإنفراغات الغازية. وقد علل مصطلحه هذا على الشكل التالي [8] : تتحول المادة الصلبة بالتسخين إلى الحالة السائلة وباستمرار التسخين تتحول إلى غاز، وعند رفع درجة حرارة الغاز إلى حد معين يصل إلى  $10^5 K$  [9]، تزداد طاقته الحركية إلى الحد الذي يؤدي إلى تصادمها مع بعضها البعض فيحدث تحرر للإلكترونات وأيونات موجبة الشحنة.

أستخدم مصطلح البلازما بداية من قبل " Langmuir " سنة 1928م للدلالة على غاز مضئ يحوي إلكترونات وأيونات موجبة وبعض الذرات المعتدلة، وفي عام 1929م وضع العالمان Langmuir و Tonks وصفاً للبلازما بأنها مائع شبه معتدل كهربائياً ومكون من جزيئات مشحونة وأخرى معتدلة وهي تسلك سلوكاً جماعياً، تحتوي البلازما على جزيئات مشحونة وعند حركة الجزيئات تنشأ تجمعات موضعية لشحنات موجبة أو سالبة والتي تؤدي بدورها إلى نشوء مجالات كهربائية تؤثر بدورها على باقي جزيئات البلازما التي تتبادل التأثير فيما بينها حتى ولو كانت المسافة بينهما كبيرة، وقوى التأثير هذه تسمى بقوى كولوم المؤثرة عن بعد وهذه القوى هي السبب في حركة الجماعية للبلازما والتي يمكن أن تحدد عبارة السلوك الجماعي بأنها الحركة التي لا تتعلق فقط بالشروط الموضعية وإنما بحالة البلازما في المناطق البعيدة [8].

### I-2-2- ماهية البلازما:

بصفة عامة يمكن افتراض أن البلازما هي خليط مكون من ثلاث عناصر [11] إلكترونات حرة وأيونات موجبة أو سالبة وذرات معتدلة أو جزيئات [10] والغاز المتأين يحوي عدداً كبيراً من جسيمات مشحونة تحجب نفسها إلكتروناتاً عند مسافة صغيرة وأنها تجمع لجسيمات متأينة بالقوى الكهرومغناطيسية بعيدة المدى والمرتبطة بشحناتها وحركاتها [5].

**I-2-3-درجة التأين غاز :** تكون الغازات في حالاتها العادية عازلة كهربائيا، وتصير ناقلة إذا أخضعت إلى حقول

كهربائية شديدة، تعطي درجة تأين الغاز ب  $\beta = \frac{n}{n_0+n}$  [13] حيث  $n_0$  كثافة حوامل الشحنة، فحين تكون أقل

من  $10^{-4}$  نقول أن الغاز ضعيف التأين وحين تكون  $n$  أعلى من هذه القيمة يعتبر غاز شديد التأين [14].

**I-2-4-أهم خصائص البلازما:**

**I-2-4-1- التوصيل الكهربائي:**

باعتبار 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 وتغيرات لكثافة الشحنة تؤدي إلى نشوء حقول كهرومغناطيسية [13].

**I-2-4-2- التعادل الكهربائي في البلازما:**

إحدى الصفات المهمة في البلازما هي نزعها لتبقى متعادلة كهربائيا، أي ميلها إلى توازن الشحنة الحيزية السالبة مع الشحنة

الحيزية الموجبة في كل جزء من الحجم العيني، وأن أي اختلاف بسيط في كثافة الشحنة الحيزية يسبب نشوء قوى كهروستاتيكية

قوية تؤثر في اتجاه إعادة التعادل ، حيثما أمكن من جهة أخرى لو كانت البلازما سوف تنظم نفسها بحيث تحجب الجزء الأعظم

من البلازما من تأثيرات المجال [15].

**I-3-عموميات حول الليزر:**

هي أجهزة تولد أو تضخم الإشعاعات ذات الترددات الواقعة في مجال تحت الحمراء المرئي أو فوق البنفسجي من

الأمواج الكهرومغناطيسية، يستعمل مبدأ الليزر في عدد كبير مجموعة أجهزة تعمل في أقسام مختلفة من طيف الأمواج

الكهرومغناطيسية من الترددات السمعية وحتى فوق البنفسجية، تستخدم أجهزة الليزر العملية مواد مختلفة ومتعددة وطرق ضخ

وتصميمات متنوعة لها تطبيقات متنوعة في مجال الطبي والاتصالات والأبحاث العلمية والهندسية والعسكرية وتعود غالبا لميدان في

الفيزياء هو الحقل الإلكترونيات الضوئية ومن هنا نبدأ في موضوع وتوضيح عمل الليزر.

**I-3-1-تعريف الليزر:** هي كلمة مؤلفة من الأحرف الأولى لكلمة الإنجليزية LASER وهي اختصار لعبارة

( Stimulated Emission of Radiation by Light Amplification ) وتعني تكبير وتضخيم الضوء

بواسطة الإصدار المحرض للإشعاع ومن أجل فهم أسس عمل الليزر لابد من العودة إلى بعض القوانين النظرية في ميكانيك الكم أو في علم الأطياف [1] .

### I-3-2- خصائص الليزر:

شعاع الليزر يمتلك خصائص تميزه عن أي مصدر من مصادر الإشعاع الكهرومغناطيسي و هذه الخصائص هي:

1 **أحادي اللون Monochromatic:** دون الدخول في التفاصيل الدقيقة نستطيع القول أن هذه الخاصية

ناشئة عن إمكانية تضخيم شبه انتقائي للموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد  $\theta_0$  المحدد بالمعادلة

$$\theta_0 = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

كون عرض خط الانتقال  $2 \leftarrow 1$  في الاصدار التلقائي [2].

### 2 **توازي الحزمة الضوئية Collimation أو الاتجاهية Directionality:**

إن خاصية الاتجاهية هي نتيجة مباشرة لكون أن المادة الفعالة موضوعة داخل مجاوبة مثل المرآتين المستويتين المتوازيتين

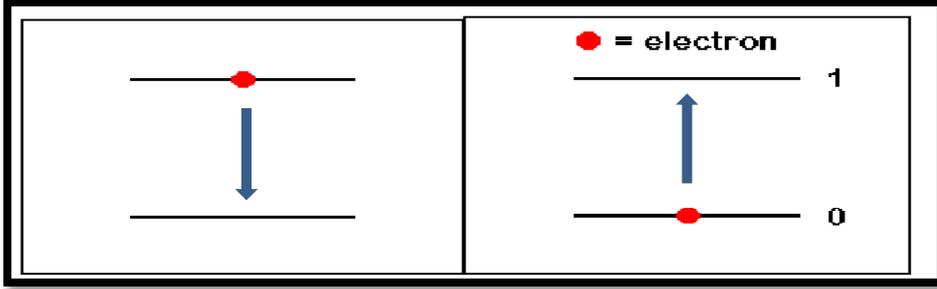
والحقيقة هي أن تلك الأشعة التي تسير على طول محور المجاوبة (والتي تسير مجاورة) هي وحدها التي تطيل البقاء داخل المجاوبة أي أن الضوء الصادر عن الليزر له اتجاه واحد ويجود مهمل [2].

3 - **الترابط Coherence:** و يجب 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، و يكون هذا الترابط إما بناء و فرق الطور بين الموجات يساوي الصفر، أو هداما و فرق الطور بين الموجات يختلف عن الصفر [2].

4 - **الشدة الضوئية Light Intensity:** و تكون عالية ومركزة في حزمة ذات قطر ضيق لا يتجاوز المليمتر ، المسؤول

عن هذه الخصائص هي عملية الانبعاث الاستحثاثي بينما في الضوء العادي يكون الانبعاث تلقائي الشكل (I-2).



الانبعاث الاستحثاثي

الانبعاث التلقائي

شكل (1-1): عملية الانبعاث التلقائي و الانبعاث الاستحثاثي [30]

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

### 1 توفر الانبعاث الاستحثاثي 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 تلقائياً، وللتخلص من حالة التهيج والنزول إلى مستويات طاقة أقل

تكون هذه العملية عشوائية الحدوث، والفوتونات المنبعثة لا تكون مترابطة مع بعضها البعض (أي لا تكون بنفس الطور) [03].



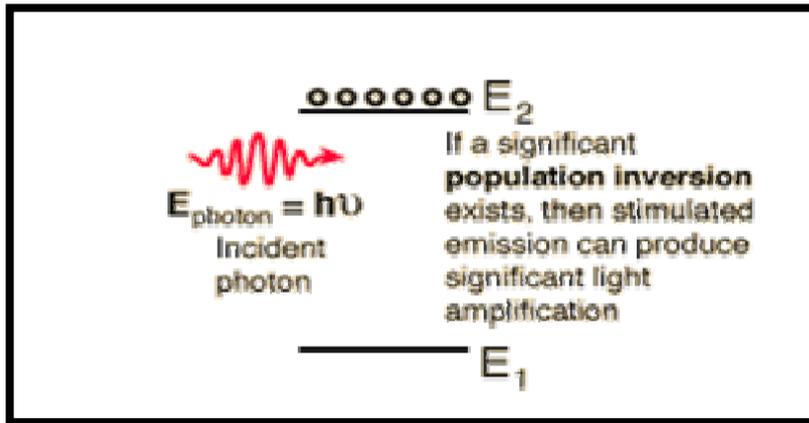
شكل (2-1): انتقال الإلكترون من  $E_1$  إلى  $E_2$  [2]



شكل (I-3): انتقال الإلكترون من  $E_2$  إلى  $E_1$  [2]

## 2-التعداد المعكوس Population Invesion:

يتطلب انبعاث أشعة الليزر العمل على زيادة عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا أي زيادة تعدادها 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 و هو ما سميناه بالتعداد المعكوس. [5]



شكل (I-4): التعداد المعكوس [4]

### 3- التكبير الضوئي Light Amplification: يجب أن يضخ الوسط المادي من مصدر طاقة لحث الذرات

والجزيئات علي التهييج أي الارتفاع إلى مستوى طاقة أعلى لا تتواجد فيه عادة تحت الظروف الطبيعية، وتكون ما يسمى بالتعداد المعكوس والذي فيه تكون غالبية ذرات وجزيئات المادة في مستويات الطاقة العليا بدلا من المستويات المنخفضة وبعدها ينبعث الشعاع ليزري بواسطة الانبعاث المحث وعمليات التكبير الضوئي.

### I-3-4- مكونات جهاز الليزر: يتكون جهاز الليزر عادة من العديد من المكونات الكهربائية والإلكترونية و البصرية

وأجهزة السيطرة والتضمين، ومن أهم المكونات الرئيسية التي يشترط وجودها في أجهزة الليزر هي: [5]

1 **الوسط الفعال:** إن الوسط الفعال المستخدم في الليزر يكون عادة في حالة صلبة أو سائلة أو غازية.

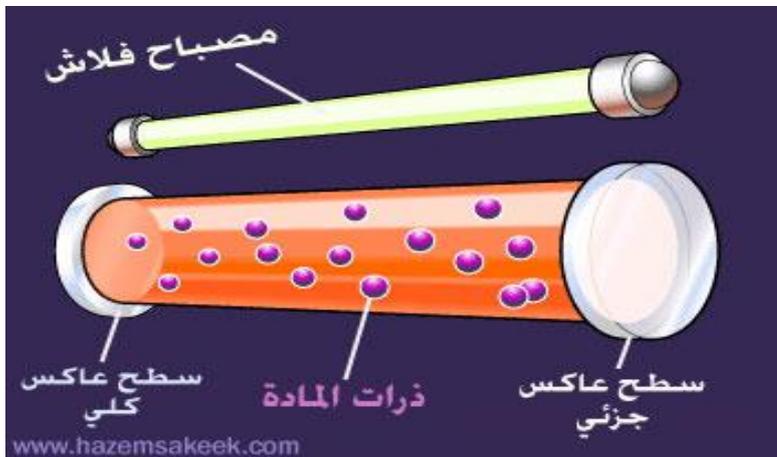
ومن الليزر الصلبة ليزر الياقوت أنظر الشكل (5).

2 **المرنان (مرآتان):** ويقوم المرنان بمساعدة الفوتونات المنبعثة لتنعكس ملايين المرات في الثانية ذهابا وإيابا بين المرآتين،

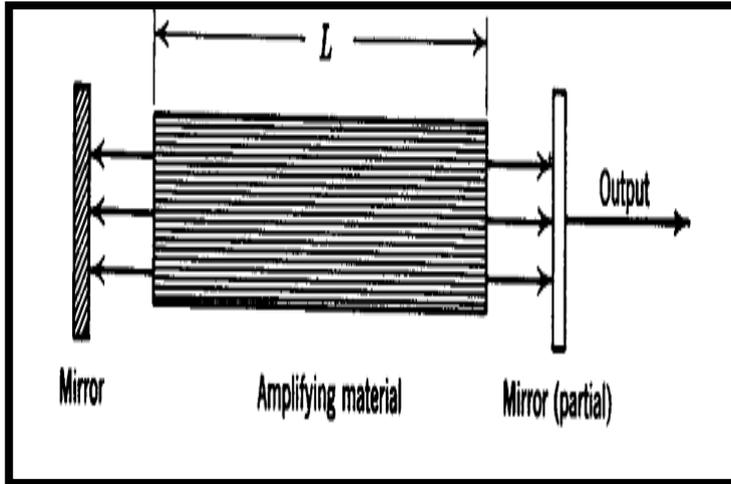
مارة في كل جولة خلال الوسط الفعال لتحفيز عداد كبير ا من الذرات أو الجزيئات المتتهيجة لكي تنبعث فوتونات جديدة أخرى للحصول على حزمة الليزر.

3 **الضخ:** حيث تقوم الطاقة الضاخة بإثارة الذرات المستقرة في الوسط الفعال لتنتقل إلى المستويات المتتهيجة لكي يتحقق

التوزيع العكسي المناسب الذي يضمن توليد الليزر، وهناك ثلاث تقنيات للضخ وهي تقنية الضخ الضوئي و الضخ الكهربائي و الضخ الكيميائي.



شكل (I-5): مكونات ليزر الياقوت [4]



شكل (I-6): رسم تخطيطي لجهاز ليزر [30]

### I-3-5- أنواع الليزر:

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

1 - **ليزر الحالة الصلبة:** تضم الليزرات الصلبة معظم الليزرات التي تكون مادتها الفعالة في حالة صلبة كليزر الياقوت

Rubg-laser وليزر النديميوم الزجاجي Glass-laser Neodymium وكذلك ليزرات أشباه الموصلات مثل ليزر

فوسفيد الكالسيوم Gap-laser وغيرها ويكون طولها الموجي في منطقة الأشعة تحت الحمراء [4].

2 - **ليزر الغاز:** تعد الليزرات الغازية من أشهر الليزرات المستخدمة في مجال الصناعة، حيث تكون بعض هذه الليزرات

ذات قدرة واطئة جدا كليزر ثاني أكسيد الكربون - نيون وبعضها الآخر ذات قدرة عالية جدا كليزر ثاني أكسيد الكربون وتكون

أطولها الموجية في مدى الأشعة تحت الحمراء [5].

3 - **ليزر السائل:** إن الليزرات السائلة التي سوف ندرسها هي التي يتكون الوسط الفعال فيها من محاليل مركبات معينة

لصبغة عضوية مذابة في سوائل مثل كحول مثيلي أو ماء، كحول أثيلي [4].

### I-3-6- استخدامات الليزر:

إن تطبيقات الليزر في الوقت الحاضر متعددة جدا وتغطي مجالات مختلفة في العلوم والتكنولوجيا وتشمل الفيزياء

والكيمياء وعلم الأحياء والإلكترونيات ولقد استخدم كمصدر حراري في التطبيقات الصناعية والطبية (يستخدم في العمليات

الجراحية مثل جراحة المخ والقلب والأوعية الدموية والجراحة العامة) وفي تنقيب المعادن وقطعها ولحامها ويستخدم أيضا في الاتصالات... إلخ كما يستخدم في تحليل المادة الصلبة وغيرها[2].

### I-4-1-تعريف النيكل:

هو معدن فضي ذو نسق بلوري متمركز الوجه ، له الرمز Ni عدده الذري Z يساوي 28 و عدده الكتلي A يساوي 59 في الجدول الدوري للعناصر الكيميائية، للعنصر طاقة التأين الأولى 737.1Kg/mol وطاقة التأين الثانية 1753Kg/mol وطاقة التأين الثالثة 3395Kg/mol وينصهر النيكل عند 1455 °C وكثافته تساوي 8.907g/cm<sup>3</sup>، والنيكل معدن ذو نفاذية مغناطيسية عالية حتى 360°C ويتميز بارتفاع مقاومته للحرارة ومقاومة الصدأ في بعض الأوساط مثل الوسط الجوي والماء العذب وماء البحر... إلخ[7].

### I-4-2-استخداماته :

- للفولاذ المقاوم للصدأ الذي لا ينتمي إلى أسرة الصلب وله عدة استخدامات منها:
- يستخدم النيكل في بعض السلاسل في الجواهرات مع الذهب للحصول على قوة أفضل وألوان أصلية.
  - يستخدم مع النحاس حيث يعطي معه لونا ورديا مصفرا أما الذهب مع النيكل يعطي اللون الأبيض.
  - يستخدم حافزا في عملية الهدرجة إذ يساعد بعض المكونات العضوية على الاتحاد مع الهدروجين لتكوين مركبات جديدة وتنتج هدرجة زيتا نباتيا للطهي .
  - يستخدم في الأعمال الهيكلية والتغطية الكهربائية لمقاومة الصدأ[8].

### I-4-3-أهميته:

يعتبر النيكل المعدن السابع بالنسبة لوفرة العناصر الانتقالية وهو العنصر الـ 22 من حيث الوفرة في القشرة الأرضية وعلى الرغم من وجود الكثير من المعادن الكبريتيد والاكاسيد تعد أهم المعادن الرئيسية لإنتاجه وأهم شئ أن معدن النيكل يستخدم بشكل رئيسي في صناعة السبائك المختلفة حيث يمكن خلطه مع كثير من الفلزات مثل النحاس و الحديد و الكروم ويستخدم خاصة في السبائك غير الحديدية والصلب لتحسين جودتها من حيث المتانة ومقاومة التآكل والصلادة وخصائصه جيدة عند درجات الحرارة العالية [8].

الفصل الثاني:

الأطياف الذرية

II-1- مقدمة:

يهتم علم الأطياف Spectroscopy بدراسة التداخل بين المادة والإشعاع الكهرومغناطيسي والذي يمتد من أشعة غاما العالية الطاقة إلى موجات الراديو المنخفضة الطاقة جدا مرورا بالأشعة السينية وأشعة المايكروويف والأشعة فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء [17]. تعتبر طرق التحليل الطيفي من أهم وأشمل الطرق للتحليل الطيفي نظرا لسهولة ودقتها وحساسيتها العالية وتطبيقاتها المتعددة، حيث تعتمد على امتصاص وانبعث الطاقة الإشعاعية، إذ بتفسير هذه المعلومات يمكن الحصول على معلومات كمية ونوعية فمن الناحية النوعية نستخدم مواقع خطوط أو الحزم الامتصاصية أو الانبعث التي تحدد في الطيف الكهرومغناطيسي للدلالة على وجود عناصر خاصة، أما من الناحية الكمية فيمكن تقدير تركيز المكونات من قياس شدة خطوط الامتصاص والانبعث، حيث تعطى المعلومات التي نحصل عليها من القياسات الطيفية على شكل منحني بياني يبين الطاقة الممتصة أو المنبعثة بدلالة المواقع على الطيف الكهرومغناطيسي ويدعى بالطيف ويقاس موقع الامتصاص أو الانبعث بوحدة الطاقة أو الطول الموجي [17].

II-2- تعريف الأطياف:

هو مجموعة الأطوال الموجية المنبعثة من أحد العناصر الكيميائية بعد إثارته بارتفاع درجة الحرارة إلى درجة التوهج حيث استطاع بوهر عام 1913م وضع نظرية لذرة الهيدروجين والتي بموجبها فسر الطيف المنبعث من الذرة، ولذلك فإن الطيف الذري نوعان

- طيف ذري انبعث Emission atomic Spectrin

- طيف ذري امتصاص Absorption atomic Spectrin [19]

II-3- أنواع الأطياف:

إن الطيف المرئي يتكون من الألوان السبعة ويمكن رؤيته بالعين المجردة وينقسم إلى نوعين:

II-3-1- طيف الإصدار: تعطي العناصر عندما تمتص كمية كافية من الطاقة طيفا يسمى طيف الانبعث فلو سخن

عنصرا ما باللهب أو بواسطة قوس كهربائي فان الطاقة التي يمتصها هذا العنصر تؤدي إلى تهييج ذراته بمعنى أن هذه الطاقة التي

سلطت على ذرات العناصر أدت إلى اختلاف مواضع الإلكترونات في تلك الذرات [14-15] أي هو انتقال من سوية

منخفضة إلى سوية أخرى أعلى منها ويتشخص طيف الإصدار لمجموعة ذرية بمعرفة شدة وتواتر كل خط طيفي أو تواتر وشدة القطاعات للمجموعة وكذلك نجد أن شدة طيف الإصدار يتعلق بإسكانات السويات المرتفعة [14] .



شكل(II-1): يوضح طيف الإصدار(الانبعاث)[31]

وهناك نوعان من طيف الإصدار " الانبعاث " هما : الطيف المستمر والغير مستمر " الطيف المتقطع " .

• **الطيف المستمر:** ويتكون الطيف المستمر من حزمة غير متقطعة من ألوان وأطوال جميع الموجات المرئية ، وذلك مثل

الطيف الذي تعطيه غالب المواد الصلبة عند درجات حرارة عالية "أبيض ساخن"، فلا يمكن تحديد عدم غياب لون الفراغات الداكنة عند تحليل الضوء بالمطياف، ويمكن استخدام العناصر والمركبات ذات درجات الانصهار العالية كمصادر ملائمة للطيف المستمر .

• **الطيف المتقطع:** ويتكون طيف الإصدار المتقطع (غير المستمر) لمادة من نمط لخطوط مضيئة على أرضية داكنة ويُسمى

بخط الطيف المرئي للطيف الخطية [15-16] .

### II-3-2- طيف الامتصاص :

تعطي معظم المواد الصلبة إذا سخنت إلى درجة حرارة عالية جداً لهبة بيضاء ساخنة، وينطلق منها إشعاع طول موجته

مساوي لطول موجة الضوء المرئي، يشكل هذا الإشعاع عادة طيفاً مستمراً فلا يشكل مناطق مظلمة وبعبارة أخرى فإن كل مادة

تمتص موجات ذات أطوال معينة خاصة بها إما الشكل الناتج للطيف بعد نفوذه فلا يبقى مستمراً إذ يتألف من خطوط لذلك

يسمى بطيف الامتصاص [15-16] وهو كذلك بعبارة أخرى إنتقال من مستوى طاقتي أعلى إلى مستوى أقل منه في الطاقة

وبتشخيص طيف الامتصاص لمجموعة ذرية بمعرفة شدة وتواتر كل خط طيفي نجد أن شدة طيف الامتصاص يتعلق بإسكانات

السويات المنخفضة [14].



شكل (II-2): يوضح طيف الامتصاص. [31]

## II-4- التعرضات وأشكال الخطوط:

تم تطوير واستعمال عدة تقنيات بنجاح من أجل تحديد عوامل مختلف الأوساط (غاز، بلازما..). إنّ الطرق النظرية هي التقنيات الأكثر استعمالاً عموماً، ومن بين هذه الطرق نجد طريقة مطيافية الإصدار والامتصاص. عند إصدار أو إمتصاص الإشعاعات، تكون الأشعة الطيفية ليست رقيقة جداً، لكنها تمثل بعض العرض وبعض المقاطع، وهي تمثل توزيعات الإشعاعات  $I(\nu)$  أو  $I(w)$  حول تردد مركزي  $\nu_0$  أو  $\omega_0$ . ومطيافية الإصدار الذري هي طريقة توافق جداً تشخيص الغازات والبلازما. [26]

## II-4-1- دراسة بعض أسباب تعريضات الخطوط الطيفية :

أسباب تعريضات الخطوط الطيفية المنبعثة من المرسل كثيرة، نذكر منها:

- التعريض بواسطة الإشعاع : التعريض الطبيعي.
- التعريض بواسطة فعل دوبلر.
- التعريض بواسطة التصادم.

## II-4-1-1- التعريض الطبيعي:

كلاسيكياً: سببه يكمن في كبح لحركة الإلكترون المهتز الذي يفقد طاقته عند الإشعاع.

كيميا: تعريض المستويات سببه يتعلق بمدة حياة محدودة للمستويات الذرية، حيث أننا لا نستطيع تحديد الزمن والطاقة في آن واحد (مبدأ الارتباب لهيزنبرغ).

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

الذرات تستطيع أن تأثر على الانتقال من الحالة (a) إلى الحالة المثارة (b) بطاقة منخفضة، الحالة (a) لا يمكن اعتبارها

حالة مستقرة والخطوط الطيفية غير متناهية الدقة لكن لديها توزيع لتواترها، واحتمال العثور على ذرة تصدر في الحالة  $j$  يعطى

بالعلاقة [28،27]:

$$P_j = \psi_j(r, t) \times \psi_j(r, t) \times \exp(-\gamma t) \quad (2 - II)$$

الدالة الموجة التي تصف حالة الذرة عند الحالة المثارة  $\psi_j(r, t)$ .

$\gamma$ : يمثل معدل الانبعاث.

الدالة  $\Psi_j(r, t)$  يمكن التعبير عنها بجزأين أحدهما موضعي والآخر زمني على النحو التالي:

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

حيث  $E_j$ : طاقة الذرة عند الإصدار في الحالة  $j$ .

بفرض أن الاهتزاز يبدأ عند  $t=0$  و توزيع الطاقة يعطى بالعلاقة التالية:

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

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

$\omega_0$ : التواتر الطبيعي للمشع.

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

شدة الإشعاع اللورنتزية تأخذ 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-4-1-2- تعريف دوبلر:

أصل فعل دوبلر هو حركة الذرات و الأيونات المرسله (تحرك ذرات المصدر).

و هو أول وصف دقيق قدمه رايلي 1889م، حيث لاحظ ذرات المصدر تتحرك بسرعة  $v$  اتجاه يصنع زاوية  $\theta$  مع

الاتجاه الملاحظ، و يسجل تواتر  $\omega$  و تعطى عبارته كالتالي:

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

حيث:  $\omega_0$ : 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 و يفرض دالة توزيع السرعة لماكسويل نكتبها من الشكل:

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

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = kT \quad \text{حيث: } v_0 \text{ : نعرفها بالعلاقة:}$$

$m$ : كتلة ذرات المصدر.

$k$ : ثابت بولتزمان .

بوضع  $\Delta\omega_D = \frac{v_0}{c}$  توزيع الشدة في خطوط الطيف من الانتقال  $j \rightarrow i$ ، فنحصل على شكل دوبلر الغاوصري وعبارته

تأخذ الشكل التالي: [27]

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

$I(\omega)$ : توزيع غوصريان لتواتر  $\omega$ .

### II-4-1-3- تعريض التصادمات:

إنّ السبب الأساسي لتعريض خطوط الطيف هو الاضطراب الناجم عن الذرات و ذلك بمختلف جزئياتها المشحونة والغير مشحونة، و في هذه الحالة يحدث التعريض بواسطة التصادم يمكن تقسيمه إلى ثلاث فئات:

1- التعريض بالرنين: و يكون ذلك بواسطة اضطراب الجزيئات الغير مشحونة (تفاعل ثنائي الأقطاب - ثنائي الأقطاب )

2- تعريض فاندرفالز: ويكون ذلك بواسطة اضطراب الجزيئات الغير مشحونة مع مختلف أنواع ذرات المصدر. (تفاعل ذرة من نوع A - ذرة من نوع B )

3- تعريض ستارك: سببه تفاعل الجسيمات المشحونة (أيونات، إلكترونات) مع ذرات المصدر. و يتم التعبير عن هذا التفاعل بواسطة تأثير حقل ضعيف أيوني و إلكتروني 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 [27,30].

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

و إذا كان الوسط ذو ضغط منخفض نسبيا فإن الطيف يأخذ الشكل اللورانتزي. [27].

### II-5- الطرق المستعملة لتحليل الأطياف

#### II-5-1- شدة الخطوط الطيفية:

#### II-5-1-1- شدة الخطوط الطيفية الذرية:

وتتميز الخطوط الطيفية ليس فقط من جانب الترددات المنقولة ولكن أيضا من الشدة التي بها، وشدة الخط الطيفي

الموافقة للانتقال من المستوى الأولي إلى المستوى النهائي، وتعطى من قبل القانون الكلاسيكي (1):

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

$$N_i = \frac{N g_i}{B(T)} \exp \left( \frac{-E_i}{K_B T} \right) \quad (15. II) \quad B(T) = \sum_i g_i \exp \left( \frac{-E_i}{K_B T} \right) \quad (15. II)$$

حيث:  $A_{if}$ : احتمال انتقال (معامل أينشتاين).

$\nu_{if}$ : نبض هذا التحول (تردد).

$N_i$ : عدد الذرات المثارة في وحدة حجم.

$h$ : ثابت بلانك .

$B(T)$ : دالة التوزيع.

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

## II-5-1-2- شدة الخطوط الطيفية الجزيئية

في حين أن الانتقال من حالة تتميز بأعداد الكم  $(n', v', j')$  إلى حالة تتميز بأعداد الكم  $(n'', v'', j'')$ ، وشدة

الخطوط الطيفية المنبعثة خلال هذه المرحلة الانتقالية هي الطاقة المنبعثة في وحدة الزمن  $4\pi$  استراديانو تعطى المعادلة بـ:

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

حيث  $h$ : ثابت بلانك .

$N(n', v', j')$ : كثافة المرسل  $(m^{-3})$ .

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

$v_{n',v',j'}^{n'',v'',j''}$ : عدد الموجي للانتقال من  $(n', v', j')$  إلى  $(n'', v'', j'')$  بـ  $(cm^{-1})$

$I_{n'',v'',j''}^{n',v',j'}$ : الشدة ويعبر عنها بـ  $(W/m^3)$ . [30]

## II-5-2- تحديد درجة حرارة الإلكترون:

هناك عدة طرق لتحديد درجات حرارة البلازما وتشمل: نسبة الشدة بين الخطين، أو الرسم التخطيطي بولتزمان .

### 1- نسبة الشدة بين الخطين:

نسبة الشدة بين الخطين: هذه الطريقة تتم بين انتقالين شعاعين في شروط من توازن مستويات الطاقة الحرارية المحلية

(توازن ترموديناميكي محلي) لدرجة حرارة معينة .

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

الخطين (1) و(2) من نفس النوع.

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

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

## 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 بـ:

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

حيث:  $h$ : هو ثابت بلانك.  $C$ : هي سرعة الضوء في الفراغ.

$B(T_{exc})$ : هي دالة التوزيع.

$\lambda$ : هو الطول الموجي الموافق للانتقال.

$A_{if}$ : احتمال الانتقال. [31]

الفصل الثالث:

الدراسة التحليلية لطيف النيكل

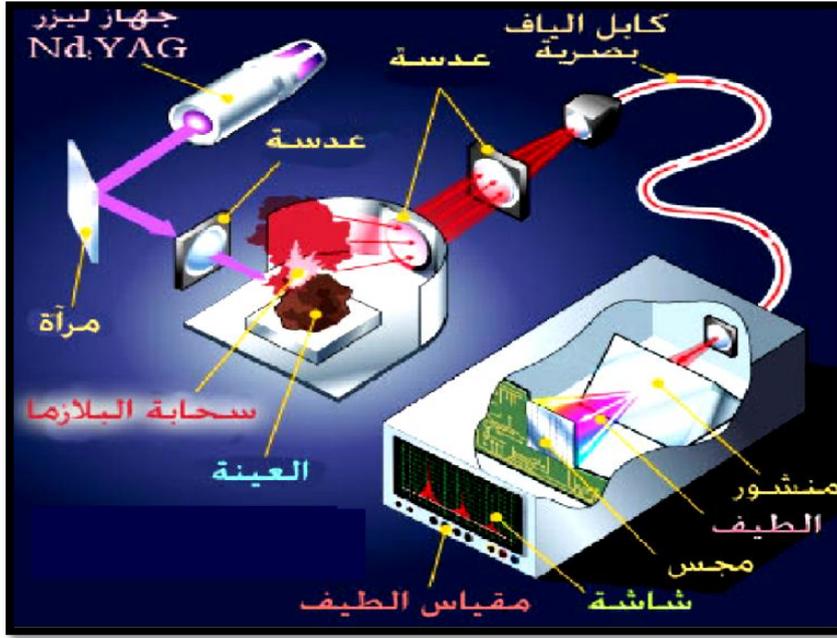
التجريبي

### III-1- مقدمة:

سنتهم في هذا الفصل بحساب درجة الحرارة الالكترونية للبلازما المشكلة اثر تسامي عينة صلبة من مادة النيكل، حيث سنقوم بتحليل الأطياف التحريبية الصادرة عن الوسط الذي تشكلت به البلازما، وقبل التطرق الى النموذج الرقمي المتبع في هذه الدراسة سنقوم أولاً بتوضيح التجربة التي من خلالها تحصلنا على الأطياف التحريبية المراد دراستها. وتعتمد هذه التجربة على تقنية التحليل الطيفي المستحث بالليزر وتسمى هذه التقنية بـ'LIBS'، وهي اختصار لـ (Laser-induced breakdown spectroscopy)، ولتنفيذ هذه التقنية تركز نبضة ليزر على الهدف فتتولد البلازما، فيتم تجمع الإشعاع المنبعث من البلازما بواسطة نظام من الألياف البصرية الشكل (1) يبين مقطع توضيحي للمطياف. تقنية " LIBS " لديها العديد من المزايا فهي تسمح بالمسح عن بعد في الوقت الحقيقي، وكذلك هي غير مدمرة للعينة، كما يمكن تطبيقها في مجالات عدة الطبية [32-33]، والعسكرية [34]، وكذلك على أي نوع من المواد السائلة [35-36] ( H<sub>2</sub>O ، وسط مائي ، .. ) ، الغازية [37-38] ( CO<sub>2</sub> ، والهواء ، غاز الهيليوم ، .. ) ، الصلبة [39-40] ( رش السطح، المواد البيولوجية و المواد الصلبة )، وهذا ما سنطبقه في دراستنا هذه حيث اخترنا العينة عبارة عن نيكل.

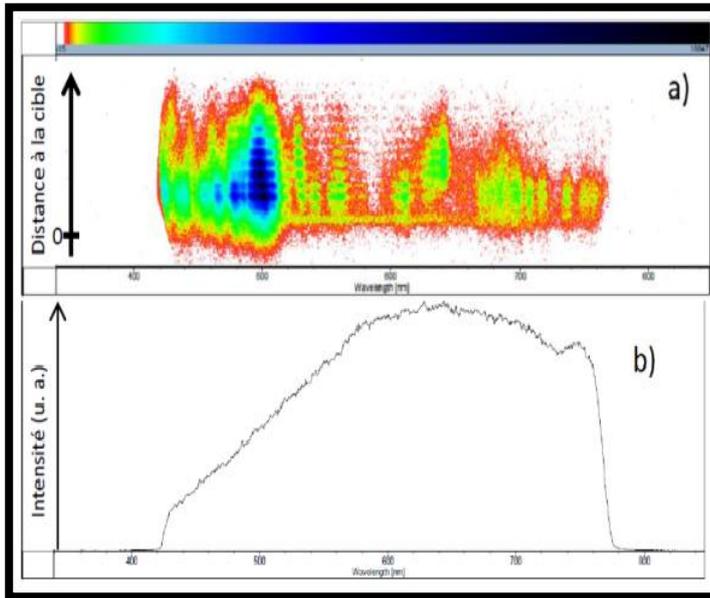
### III-2- تجربة:

يتم ضخ الليزر بواسطة مصباح فلاش على تردد 20Hz، تنبعث منه في الطول الموجي 1064 نانومتر حزمة ضوئية يتراوح زمنها من 5 إلى 20 نانوثانية، ويعمل الليزر بنظام النبضات كل نبضة من نبضات الليزر تحمل طاقة في حدود 10 إلى 100 ملي جول، حيث يمر شعاع الليزر عبر عدسة تقوم بتجميع طاقة الليزر على العينة وهذه الطاقة كافية لإقزاع بعض جسيمات المادة، وهذه الجسيمات تكون متأينة وتك وّن ما يعرف باسم سحابة البلازما plasma plume، تتمدد سحابة البلازما المكونة من الغاز المتأين، وخلال فترة زمنية في حدود ميكرو ثانية تبدأ الذرات في الاسترخاء وتنقل إلى المدارات الأرضية، مطلقة فوتونات ضوئية تعرف باسم طيف الانبعاث spectral emission، تسقط هذه الفوتونات الضوئية على عدسات تجمعها وتركزها على نظام من الألياف البصرية fiber optic، يقوم نظام الألياف البصرية بنقل الضوء إلى المطياف، حيث يعمل على تشتيت الضوء حسب طول الموجي وتقوم كاميرا خاصة بتسجيل الطيف كما هو موضح في الشكل (III-1) [41].



الشكل (III-1): وصف تخطيطي وتوضيحي لتحليل LIBS (42)

- يلاحظ خطوط الانبعاثات بالنسبة للعينة النيكل (Ni) علي الشكل (III-2).
- يلاحظ ان الطيف التجريبي له تعريض كبير .



شكل (III-2) طيف تجريبي للنيكل الناتج عن بلازما التسامي. [43]

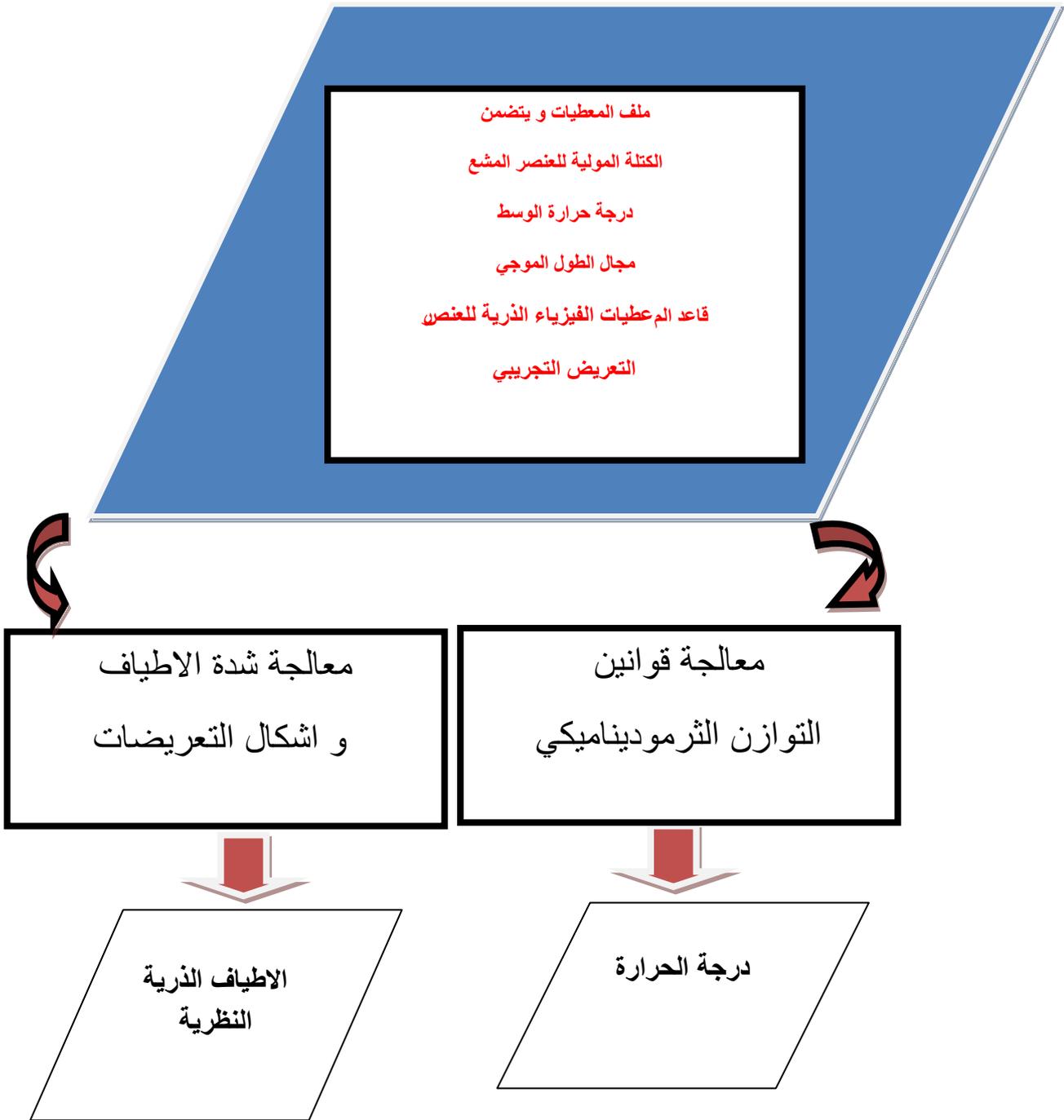
III-3- دراسة تركيبية العينة (Ni): من أجل دراسة دقيقة للأطياف التجريبية الناتجة عن العينة نقوم بإعادة رسمها

نظريا، انطلاقا من قاعدة معطيات الفيزياء الذرية وباستخدام برنامج عددي تم اعداده وتنفيذه بلغة الفورترن.

البرنامج الرقمي:

البرنامج الرقمي تم اعداده بلغة الفورترن و مبني على المعادلات التالية:

- Y توزيع ماكسويل بولتزمان.
- Y توزيع بولتزمان.
- Y قانون صاها.
- Y قانون دالتون.
- Y قانون الحصييلة الحياضية للبلازما.
- Y قانون الحفظ الماد.
- Y التعريض الطبيعي.
- Y تعريض دوبلر.
- Y مفعول ستارك.
- Y تعريض التصادمات.
- Y التعريض التجريبي شكل غاوص.
- Y التعريض التجريبي شكل لورنتز.
- Y قانون التعريض المركب.



الشكل (III-3): مخطط توضيحي للبرنامج

### III-3-1- تحضير قاعدة معطيات الفيزياء الذرية لعنصر النيكل:

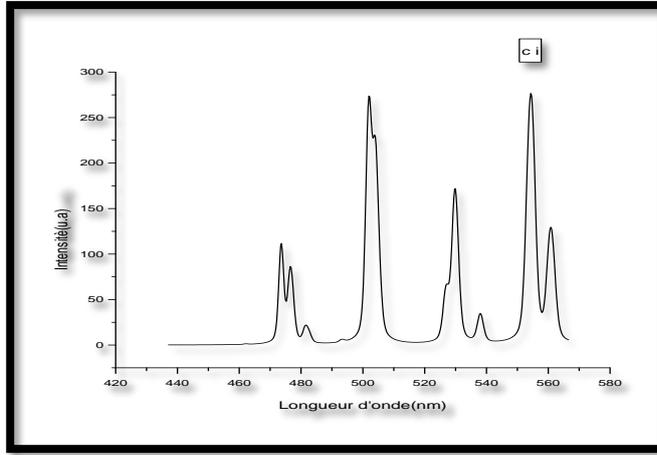
تحضير قاعدة معطيات الفيزياء الذرية لعنصر النيكل الموجود في المجال المرئي للطيف.

نقوم بإدخال البيانات اللازمة من أجل تنفيذ البرنامج، والمتمثلة في: الطول الموجي ودرجة الحرارة والتعريض التجريبي

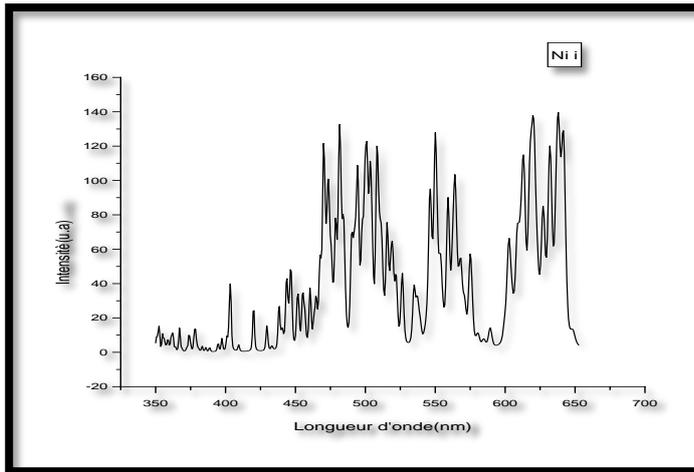
### III-3-2- رسم الأطياف الذرية النظرية:

نقوم برسم الأطياف الذرية الخاصة بعنصر النيكل وللشوارد الموجودة في العينة الصلبة وفق مجال الطول الموجي وبتعريض

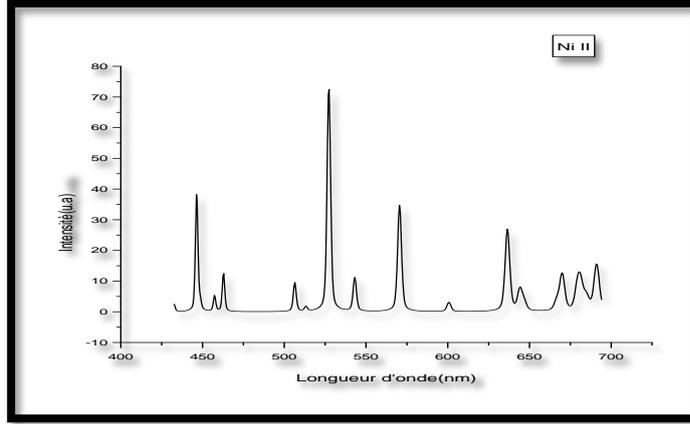
تجريبي (0.09nm) وبالاعتماد على قاعدة المعطيات الدولية للفيزياء الذرية [34].



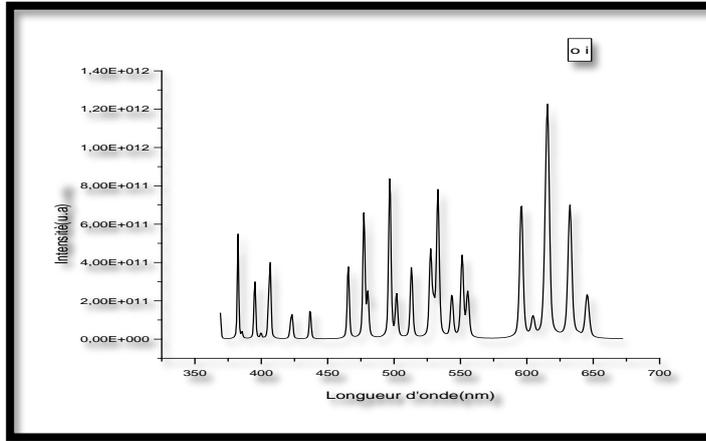
الشكل (III-4) طيف نظري للكربون C i.



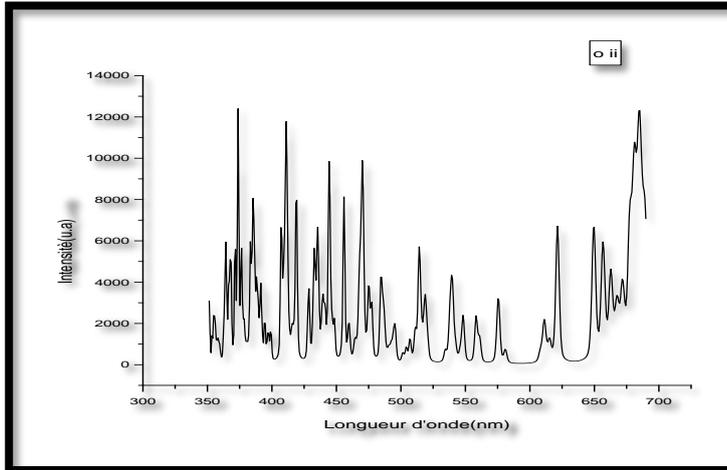
شكل (III-5) طيف نظري للنيكل Ni i.



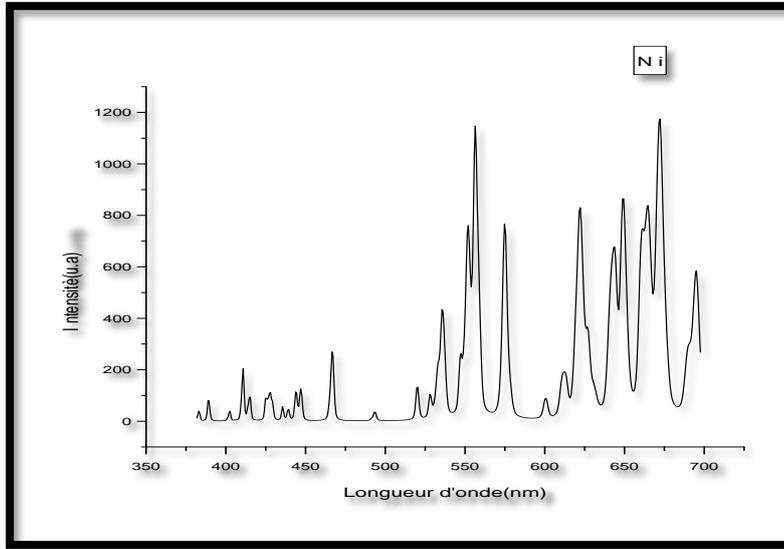
شكل (III-6) طيف نظري للنيكل Ni ii.



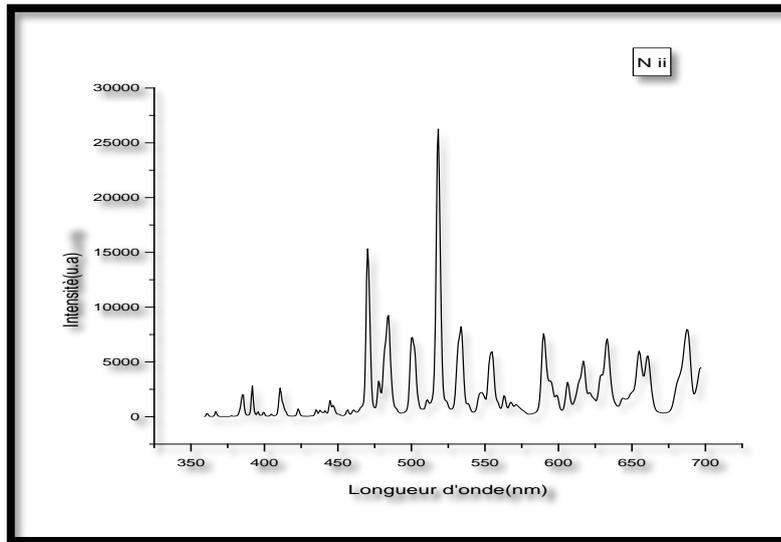
شكل (III-7) طيف نظري للأكسجين O i.



شكل (III-8) طيف نظري للأكسجين O ii.



شكل (III-9) طيف نظري للأزوت Ni i.



الشكل (III-10) طيف نظري للأزوت Ni ii.

III-3-3- تحديد العناصر المشعة بالوسط: بالمطابقة بين الأطياف التجريبية والأطياف النظرية تمكنا من

تحديد الانتقالات الموضحة بالجدول (III-1)

الجدول (III-1) المعطيات الذرية خاصة ببعض الانتقالات التي وجدت.

| Confk                             | $A_{ki}(s^{-1})$ | $E_k(ev)$  | $E_i(ev)$ | $g_k$ | $g_i$ | $\lambda(nm)$ | العنصر |
|-----------------------------------|------------------|------------|-----------|-------|-------|---------------|--------|
| $3P^6 3d^8(3p)4S$                 | 6.2E-3           | 3.073345   | 1.156778  | 4     | 8     | 648.279785    | Ni ii  |
| $3d^9\left(\frac{2}{3}D\right)4d$ | 1.2E+6           | 6.3023648  | 3.7056988 | 5     | 3     | 477.3411      | Ni(1)  |
| $3d^8 4S(f^4)5S$                  | 4.4E+5           | 6.0858861  | 3.8339304 | 1     | 4     | 550.4094      | Ni(2)  |
| $3d^9\left(D\frac{2}{5}\right)4d$ | 1.9E+6           | 6.0949429  | 4.105406  | 7     | 2     | 623.089       | Ni(3)  |
| $3d^9(2D)4P$                      | 5.3E+4           | 3.84735612 | 1.9353740 | 5     | 3     | 648.2798      | Ni(4)  |
| $2S^2 2p^2(3p)4d$                 | 4.90E+6          | 13.6623    | 11.750091 | 4     | 2     | 648.279785    | Ni     |
| $2s^2 2p4p$                       | 2.58E+7          | 20.4091    | 18.496930 | 7     | 3     | 648.27978     | Nii    |
| $2s^2 2p^3(4s^0)7d$               | 2.33E+5          | 13.3374    | 10.74093  | 7     | 3     | 648.27978     | Oi     |
| $2s^2 2p^4p$                      | 4.84E+5          | 10.05572   | 7.48039   | 5     | 1     | 478.62812     | Ci     |

1) حساب درجة الحرارة الوسط T.

يتركز التحليل الطيفي الذي سنقوم بتطبيقه على اختيار الأطياف المناسبة من اجل حساب درجة حرارة الوسط بتطبيق طريقة بولتزمان التي تعتمد حساب نسبة الشدة ما بين إنتقالين. ولهذا تم اختيار الأطياف التالية من اجل تنفيذ الدراسة:

الجدول (III-2) المعطيات الذرية للأطياف النيكل المختارة

| I(u.a) | $\lambda(nm)$ | $g_i$ | $g_k$ | $A_{ki}(s^{-1})$ | $E_i(ev)$ | $E_k(ev)$  | العنصر |
|--------|---------------|-------|-------|------------------|-----------|------------|--------|
| 2.3    | 477.3411      | 3     | 5     | 1.2E+6           | 3.7056988 | 6.3023648  | Ni(1)  |
| 3.9    | 550.4094      | 4     | 1     | 4.4E+5           | 3.8339304 | 6.0858861  | Ni(2)  |
| 5.2    | 623.089       | 2     | 7     | 1.9E+6           | 4.1054062 | 6.0949429  | Ni(3)  |
| 5.3    | 648.2798      | 3     | 5     | 5.3E+4           | 1.935374  | 3.84735612 | Ni(4)  |

ومن اجل حساب درجة حرارة T نقوم بحساب النسبة ما بين الطيفين :

$$R = \frac{I_1}{I_2}$$

وذلك حسب المعادلة التالية:

$$T(ev) = \frac{(E_m - E_p)}{\ln\left(\frac{\lambda_1 A_2 g_p R}{\lambda_2 A_1 g_m}\right)} \quad (III - 1)$$

Ni(3) و Ni(4) ونختار طيفين التابعين للنيكل

و بالاعتماد علي القيم المعطاة في الجدول (2-III) وبتطبيق المعادلة (1-III) نجد النتائج التالية:

جدول (3-III) نتائج درجة الحرارة:

| T(ev) | النسبة R        | العناصر المختارة |
|-------|-----------------|------------------|
| 3.22  | R <sub>34</sub> | Ni(3)/ Ni(4)     |

**III-3-4- مناقشة النتائج:** تم إسبعاد باقي الأطياف لأنها بما تداخل مع أطياف أخرى (الشوائب) تم اختيار الطيفين

Ni(3) و Ni(4) لأنهما في توازن حراري حيث ان من خلال المقارنة ما بين الأطياف النظرية الأطياف التجريبية اكتشفنا

وجود تطابق في نسب الشدات مع العلم ان الأطياف النظرية تم حسابها بفرض وجود توازن حراري و بالتالي يمكن القول لان

الوسط في توازن حراري محلي جزئي.

كما انه من جهة رجحنا الطولين الموجيين Ni(3) و Ni(4) لان شدتهما أوضح من باقي الأطوال.

ومن جهة أخرى كذلك ومن اجل دقة النتائج يجب ان تكون مستويات الانطلاق للأطياف المختارة

متباعدة.

خلاصة عامة

في هذا العمل تمكنا من تحديد درجة حرارة بلازما النيكل انطلاقا من دراسة الأطياف الناتجة عن البلازما المتشكلة إثر التسامي بالليزر، و لإتمام هذه الدراسة قمنا بعرض شامل حول المادة وحالاتها بما فيها الحالة الرابعة والمتمثلة في البلازما وأهم خصائصها، كما قمنا بتعريف ظاهرة التسامي التي هي الانتقال المباشر من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية، حيث تتم هذه الظاهرة باستخدام أشعة الليزر، وتم عرض أنواع الليزر وخصائصه كما تم تعريف الأطياف الذرية والتعريضات الممكنة. وتم أيضا عرض المطيافية المستخدمة في عملنا هذا والمبنية على تقنية "LIBS"، حيث تم شرح وتوضيح التركيب التجريبي الذي من خلاله تحصلنا على الأطياف التجريبية المتعلقة بالنيكل. و تم التطرق كذلك للطريقة والنموذج المتبع من أجل تحديد العناصر المشعة الموجودة في الوسط حيث اعتمادا على حساب الاطياف النظرية و تمكنا من حساب درجة الحرارة الوسط.

# قائمة المراجع

- [1] خالد الصوصو، الاهتزازات والامواج (2)، كلية العلوم - جامعة دمشق .
- [2] محمد الكوسا، فيزياء الليزر وتطبيقاته .
- [3] فالخ حسن الاحمدي - عصام جورج شماخي، الليزر وتطبيقاته .
- [4] صالح مصطفى الاتروشي، رياض وديع يوسف، الليزر أسس واستخدامات، كلية الهندسة جامعة دهبوك.
- [5] يوسف مولود حسن - صالح مصطفى الاتروشي، تقنيات الليزر واستخداماته، كلية الهندسة جامعة دهبوك.
- [6] باسل هاشم الصدرود، سلمان رشيد سلمان، حمزة عبد الحسين، خالد عيسي العاني، الدينامية الحرارية .
- [7] جو لاختين، المعادن والمعاملة الحرارية للمعادن .
- [8] وليد مصطفى صهيوني، مقدمة في فيزياء البلازما، يونيو 2006، سلطة عمان .
- [9] علي ابراهيم مهدي العزاوي، الكهرومغناطيسيات، الجامعة المنتصرية بغداد.
- [10] اسماعيل شحي، حساب دوال الحقل الكهربائي الموضوعي ومشتقاتها داخل البلازما باستخدام المحاكاة العددية مونتي كارلو تطبيقاتها علي طيف الهليوم، رسالة دكتوراة دولة، جامعة منتوري قسنطينة 2005.
- [11] قريشة سليمة، مساهمة في دراسة توزيعات المشتقات الفضائية للحقول الكهربائية الموضوعية في البلازما مذكرة لنيل شهادة الماجستير في فيزياء الاشعاع البلازما .
- [12] برنارد هليد، فيزياء البلازما الباردة
- [13] ريز - ميلفورد ترجمة يحي عبد الحميد الحاج علي، رحمان رستم عبد الله، اساسيات النظرية الكهرومغناطيسية .
- [14] محمد انور بطل، الفيزياء الذرية والجزيئة .
- [15] سالم مليباري، عبد الغني حمزة، كيمياء العامة
- [16] عمر بن عبد الله الهزاري <http://ww.pdf factory.com>
- [17] دورة تدريبية حول محاكاة مونتي كارلو لعملية القياس الاشعاعي المطياني بهدف المعايرة واصلاح كفاءة القياس 8-

- [18] سميحة بضيف دراسة التركيب الجزيئي لرمل كثنان منطقة ورقلة باستخدام مطيافية الامتصاص ماتحت الحمراء وحيود الاشعة السنبة 2012.
- [19] صالح محمد شتولي Atomic spectra
- [20] د مسعود بن حميد الليحاني ،جامعة ام القري ،اليزر وتطبيقاته.
- [21] بيلا آ ليكل جامعة فرنالكو ترجمة فاروق عبودي قصير جامعة الموصل ،الليزرات.
- [22] الموقع الالكتروني <http://www.byto.com/vb/showthread.php>
- [23] 1-M.Carnes et al (2009) A Stable et raalky complese of Nickel  
(IV. "angewandte chemie International Edition 3384.48doi M0.1002 anie  
200804435
- 2-S.Pfirmaim et al (2009) Abinuclear Nickel(I)Dinitrogen complese andits  
Reduction in single –Electron Steps .”Angewandte chemie international Edition  
483357 doi 10.1002anie 20008058262.
- [24] A.Dinklage .Tklinger .GMark.l.Schweikhard .plasma physic Springer  
.Berlin 2005.
- [25] <http://www.encyco.blogs.com>
- [26] F.Khelfaoui : « Cour de Master Physique du rayonnement », 2012 – 2013.
- [27] W.Demtröder, Atoms Molecules and photons, Springer – Verlag , 2006,  
Berlin Heidelberg.
- [28] Moussa O. cheibetta, contribution à la théorie d’élargissement des  
raies Spectralesémise par les plasma : Application la raie Ly- $\alpha$  de l’atome

del'hydrogène, Doctorat de 3<sup>e</sup> éme cycle, Université cheikh AntaDiop de Dakar-Sénégal,2004 .

[29] L- BenMabrouk, ‘Etude spectres d’émission d’ions de Déposition sur couches Mémoire de Magister Université de Ouargla2003.

[30] S. Lemkeddem et F. Khelfaoui ; « spectre de raies d’émission d’une torche plasma en utilisant la technique de l’inversion d’abel », SéminairInternational sur la Physique des Plasmas (SIPP2011), Ouargla, 2011.

[31] H. Park, S. J. You et W. Choe ; « Correlation betweenexcitationtemperature and electron temperature with two groups of electron energy distributions »,Physics of Plasmas, Vol. 17, p. 103501, 2010.

[32] S. Svanberg; Appli. Phys, B **92**, pp. 351–358 (2008).

[33] Jesus Anzano, Beatriz Bonilla, Beatriz Montull-Ibor; Med. Chem. Res. **18**,pp. 656–664 (2009).

[34] F. Colao, R. Fantoni ; Appl. Phys. A **79**, pp. 143–152 (2004).

[35] Riadh Hannachi; ‘Etude expérimentale et propriétés radiatives d’un plasma thermiqueinduit par impact laser à la surface de milieux aqueux H<sub>2</sub>O–CaCl<sub>2</sub> /MgCl<sub>2</sub> /NaCl Toulouse, Thèse Doctorat(2007).

[36] Hiroyasu Hotokezaka, Noboru Aoyagi, Noriko U. Yamaguchi; Microsyst. Technol. **11**,pp. 974–979 (2005).

[37] Jennifer L., Gottfried Frank C., De Lucia Jr, Chase A. Munson. Anal. Bioanal. Chem. **395**, pp. 283–300 (2008).

- [38] C. Haisch, R. Niessner, O. I. Matveev, Fresenius; J. Anal. Chem. **356**, pp.21-26 (1996).
- [39] Nicolas Leone ; « Développement d'une technique d'analyse hautement sensible et polyvalente par spectroscopie de plasma induit par laser : applications aux aérosols et aux Matériaux biologiques » Thèse Doctorat ; Paris (2007).
- [40] S. M. Pershin, F. Colao, V. Spizzichino; Laser Physics, Vol. **16**, pp. 455-467 (2006).
- [41] [www.hazemsakeek.com](http://www.hazemsakeek.com).
- [42] M. Achouri, S. A. Beldjilali, T. BabaHamed et A. Belasri « Spectroscopie du plasma d'Ablation LASER Appliqué à l'analyse du B4C » (CNPA, 2010) / Ouargla / 24-26 Octobre 2010
- [43] Docteur en optique photonique hyperfréquence par Florent Bourquard
- [44] NIST Atomic Spectra Database, <http://physics.nist.gov>.



## ملخص:

في هذه المذكرة تمكنا من تحديد درجة حرارة بلازما النيكل انطلاقا من دراسة الاطياف الناتجة عن البلازما المشكولة إثر التسامي بالليزر وبناءا علي هذا تم شرح وتوضيح التركيب التجريبي الذي من خلاله تحصلنا علي الاطياف التجريبية المتعلقة بالنيكل وتم التطرق كذلك للطريقة والنموذج المتبع من اجل تحديد العناصر الموجودة ، حيث يعتمد هذا النموذج علي معادلات التوازن الترموديناميكي ومعطيات الفيزياء الذرية .

**الكلمات المفتاحية:** التسامي، البلازما ، الليزر ، الأطياف الذرية، النيكل

## Summary:

In this Mémoire we were able to determine the plasma nickel temperature from studying the spectra resulting from the plasma laser and sublimation effect occurring based on this experimental installation is explained and clarified through which we the experimental spectra of nickel and touched it to the method and model for determining the itens where this form althrrnodinamiki balance equations and atomic physics data.

**Keywords:** sublimation , plasma , laser , atomic spectra , Nickel

## Résumé:

Dans cette Mémoire.que nous avons pu déterminer de température du plasma nickel l'étude les spectres du plasma forme a prés sublimation laser. et sur cette base l'installation expérimentale est expliquée de la quelle nous avons obtenu des spectres expérimentaux de nickel ont été touchés ainsi que de la méthode et modèle utilisé pour la détermination d'éléments ou ce modèle est basé sur les équilibre althrrmodinamike et les données de la physique atomique.

**Mots-clés:** sublimation , plasma , laser , spectres atomiques , Nickel