

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفيزياء

رقم الترتيب

رقم التسلسلي



مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال : علوم المادة

فرع : فيزياء

تخصص : فيزياء إشعاعية

من إعداد : سارة شناي

بعنوان :

دراسة أطياف بلازما النحاس في الهواء

نوقشت يوم 2018/05/30

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر.أ	أ.بن طويلة عمر
مناقشا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر.أ	أ.عاشوري عبد الرحيم
مؤطرا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر.أ	أ.بن مبروك لزهري

2018/2017



الإهداء

إلى القدوة الأولى ...

إلى من كلله الله بالهيبة و الوقار، وعلمني العطاء بدون انتظار .

إلى التي أفاضت علي بدعواتها و بركاتها، إلى من جعلت الجنة تحت أقدامها، إلى من يهتز لتضرعها عرش الرحمن، إلى التي لم أستطع أن أوفي في حقها مهما قدمت لها، أمي الغالية بن عطية الزهراء حفصتها الله و رعاها .

إلى من أفنى صحته و جهده في سبيل نجاحي والدي العزيز. إلى رياحين حياتي إخوتي و أخواتي .

إلى كل من قدم لي يد العون من قريب أو من بعيد إلى كل الأصدقاء و الزملاء. و إلى الأخت التي لم تلدها أمي فارسي نعيمة راجية الله الشفاء لها . إلى كل من هم في ذاكرتي و لم تسعهم مذكرتي

أهدي عملي هذا.



شكر والعرفان

أول ما أبدأ به الحمد لله و الشكر لله عز و جل،الذي أنار دربي ويسر لي السبيل لإنجاز هذا العمل ، و منحني الإرادة و العزيمة و الصبر أما بعد :

فلا يسعني المقام إلا أن أعبر شكري و إحترامي للأستاذ بن مبروك لزهر الذي اشرف على هذه المذكرة و على مجهوداته التي بذلها من اجل نجاح هذه الدراسة ، و التقدم بالنصائح و التوجيهات العظيمة التي كان يقدمها لنا خلال هذا المشوار .

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى أعضاء اللجنة المناقشة عمر بن طويلة رئيسا وعاشوري عبد الرحيم مقررا لمناقشة هذه المذكرة و تقويمهما وإلى كل يد ساعدتنا وكل كلمة طيبة قيلت في سبيل إنجاز هذا العمل فجزى الله الجميع كل خير .

كما نتقدم باسمى عبارات الشكر والتقدير الى جمع القائمين

على نجاح هذه الدفعة من إدارين وأساتذة .

وكما نختص بالشكر قسم فيزياء .

قائمة الأشكال

الفصل الأول

- الشكل I. 1: كيفية توزيع حبيبات الجسم الصلب 4
- الشكل I. 2: كيفية توزيع حبيبات الجسم السائل 4
- الشكل I. 3: كيفية توزيع حبيبات المادة الغازية 5
- الشكل I. 4: يوضح الفرق بين الضوء العادي وضوء الليزر من حيث الطول 11
- الشكل I. 5: يوضح اتجاهية ضوء الليزر وتشتت ضوء العادي 12
- الشكل I. 6: يوضح ترابط وتزامن الموجات الضوئية 13
- الشكل I. 7: يوضح الانبعاث الأستحثائي انتقال الإلكترون من $E1$ إلى $E2$ 14
- الشكل I. 8: يوضح استرخاء الإلكترون من $E2$ إلى $E1$ 14
- الشكل I. 9: التعداد المعكوس 14
- الشكل I. 10: عملية التضخيم الضوئي 15
- الشكل I. 11: يوضح توزيع المرآتات 16
- الشكل I. 12: مكونات ليزر الياقوت 17

الفصل الثاني

- الشكل II. 1 يوضح طيف الإصدار 22
- الشكل II. 2 يوضح طيف الامتصاص 23

الفصل الثالث

- الشكل III. 1: رسم تخطيطي يوضح عملية التسامي وتسجيل الطيف التحريبي 33
- الشكل III. 2: الطيف التحريبي الناتج عن الدراسة 33

35	الشكل III.3: مخطط توضيحي للبرنامج
36	الشكل III.4: الطيف النظري للنحاس CuI
36	الشكل III.5: الطيف النظري لنحاس CuII
37	الشكل III.6: الطيف النظري للازوات NI
37	الشكل III.7: الطيف النظري للهيدروجين HI
38	الشكل III.8: الطيف النظري لأكسجين OI
38	الشكل III.9: الطيف النظري للكربون CI
43	الشكل III.10: يوضح تصنيف البلازما

قائمة الجداول

39	الجدول III.1: جدول المقارنة بين الأطياف النظرية
40	الجدول III.2: معطيات الفيزياء الذرية للانتقالات المختارة
41	الجدول III.3: معطيات الفيزياء الذرية للانتقالات المختارة

الفهرس

I.....	الإهداء
II.....	شكر والعرفان
III.....	قائمة الأشكال
IV.....	قائمة الجداول
V.....	الفهرس
1.....	مقدمة

الفصل الأول: حالات المادة والبلازما وعموميات حول الليزر والنحاس

4.....	I - 1 - حالات المادة
6.....	I - 2 - ظاهرة التسامي
6.....	I-2-2- أمثلة على التسامي
6.....	I - 2 - 3- العوامل المؤثرة على التسامي
7.....	I - 3 - البلازما
7.....	I-3-1- لمحة تاريخية
8.....	I-3-2- البلازما
8.....	I-3-3- درجة تأين غاز
8.....	I-3-4- خصائص البلازما
8.....	I-3-4-1- التوصيل الكهربائي
9.....	I-3-4-2- التعادل الكهربائي في البلازما
9.....	I-3-5- قوانين التوازن

9	.....1-5-3-I توزيع ماكسويل بولتزمان
11	.....4-I تعريف الليزر
13	.....2-4-I شرط الانبعاث الليزر: يجب توفير ثلاثة شروط اساسية وهي
15	.....3-4-I مكونات جهاز الليزر
17	.....4-4-I أنواع الليزر
18	.....5-4-I استخدامات الليزر

الفصل الثاني: الأطياف الذرية

21	.....مقدمة:
21	.....2-II تعريف الأطياف
22	.....1-3-II طيف الانبعاث (الإصدار)
23	.....2-3-II طيف الامتصاص:
23	.....4-II التعريضات وأشكال الخطوط
23	.....1-4-II دراسة بعض أسباب تعريضات الخطوط الطيفية
28	.....5-II الطرق المستعملة لتحليل الأطياف
28	.....1-5-II شدة الخطوط الطيفية
28	.....2-5-II شدة الخطوط الطيفية الذرية
29	.....2-1-5-II شدة الخطوط الطيفية الجزيئية
29	.....2-5-II تحديد درجة حرارة الإلكترون

الفصل الثالث: الدراسة التحليلية لطيف النحاس التجريبي

32	.....مقدمة
34	.....3-III دراسة الأطياف التجريبية للنحاس (CuI)

35.....	III-3-1- طريقة استخراج الأطياف النظرية
36.....	III-3-2- رسم الأطياف النظرية للنحاس وبعض الشوائب المحتملة
39.....	III-3-3- المقارنة وتحديد الأطياف
40.....	III-3-4- حساب درجة حرارة الوسط T
41.....	مناقشة النتائج
41.....	III-4- حساب الكثافة الالكترونية
44.....	خلاصة عامة
45.....	المراجع

يعد موضوع البلازما من المواضيع الحديثة، إذ دخل علم الفيزياء في القرن العشرين الميلادي، حيث لها أهمية كبيرة ولتعرف عنها وعلي العناصر المكونة لها لا بد من دراستها، حيث أنه لا يمكن معالجة البلازما معالجة عينية،

وكثير ماتم دراسة البلازما من خلال الإشعاع الكهرومغناطيسي الصادر عنها، فيحلل هذا الأخير كيفيا لمعرفة العناصر التي تشكل البلازما وكما لمعرفة تركيزها ودرجة حرارتها، وبصيغة أعم فالطيف المنبعث من الذرة له أهمية كبيرة في التعرف على العناصر المختلفة، حيث تدرس هذه الأطياف باستخدام المطيافية والتي هي أساس دراستنا التي تهدف إلى تحديد درجة الحرارة والكثافة وكذلك تحديد العناصر المشعة في البلازما وذلك من خلال دراسة الأطياف الصادرة عن بلازما النحاس في الهواء اعتمادا على تقنية LIBS وهي تقنية مناسبة لمجموعة واسعة من التطبيقات (الطبية، العسكرية)، وسنقدم بعض التفاصيل عن هذه التقنية من خلال المذكرة.

والتي تضم ثلاثة فصول موزعة كالتالي

الفصل الأول يتضمن (عموميات حول حالات المادة، وظاهرة التسامي) حيث سنقوم كذلك بشرح الظاهرة مع تقديم العوامل المؤثرة فيها وكذلك الحالة الرابعة (البلازما) وسنركز على أهم خصائصها وكما نقوم بعرض شامل حول الليزر (مفهومه وخصائصه وأنواعه واستخداماته) وفي نفس الفصل سنقوم بعرض شامل كذلك لمعدن النحاس .

الفصل الثاني: سنتحدث على الأطياف الذرية وعن أنواعها والتعريفات التي تحويها أشكال الخطوط كما سنتطرق إلى الطرق الطيفية المستعملة .

الفصل الثالث: هو الجزء العملي حيث سنقوم فيه بشرح التجربة وهي تحليل عينة النحاس، باستخدام تقنية LIBS، ومقارنة الأطياف التجريبية الناتجة مع الأطياف النظرية وسنقوم برسمها بواسطة برنامج رقمي بلغة الفورترون وذلك اعتمادا على قاعدة المعطيات للفيزياء الذرية ومنه تحديد العناصر المشعة بالوسط وقياس درجة الحرارة والكثافة الالكترونية للوسط.

الفصل الأول

حالات المادة والبلازما وعموميات

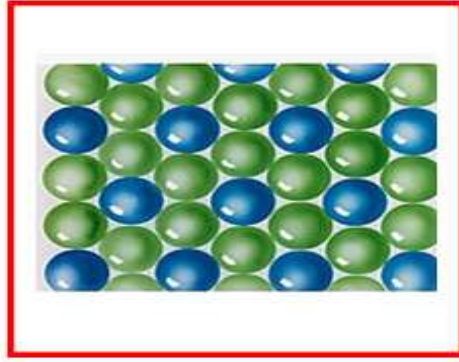
حول لليزر والنحاس

I - 1 - حالات المادة:

إن للمادة حالات قادرة على تحديد الهيئة التي تتواجد عليها وهي أربعة حالات الحالة الصلبة ، و السائلة، والغازية والبلازما، والفروقات الأساسية في تركيب كل حالة من الحالات المادة يكمن في كثافة الجسيمات [28] .

1- الحالة الصلبة :تكون حبيبات المادة في الجسم الصلب مترابطة ومتقاربة جدا،وهي عمليا شبه

ساكنة مما يجعل للأجسام الصلبة شكلا خاصا.



الشكل I. 1: كيفية توضع حبيبات الجسم الصلب [30]

2- الحالة السائلة: تكون حبيبات المادة في الجسم السائل قريبة من بعضها البعض وأكثر حركة ، وهذا

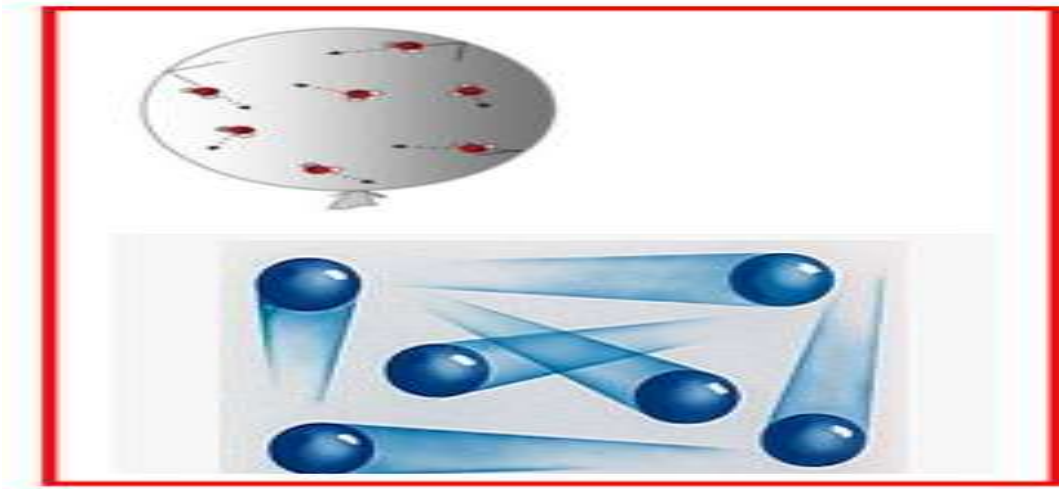
مايفسر قابلية السوائل للجريان واتخاذ شكل الإناء الذي يحويه.



الشكل I. 2 : كيفية توضع حبيبات الجسم السائل [30]

3- الحالة الغازية:تكون حبيبات المادة متباعدة جدا عن بعضها البعض، وهي تتحرك في عدة اتجاهات مما يفسر

انتشار الغاز في كامل الفضاء الذي يحيط به.



الشكل I. 3: كيفية توضع جسيمات المادة الغازية [30]

4- حالة البلازمية : وهي عبارة عن وسط غازي متأين يحوي عددا كبيرا من الجسيمات المشحونة سلبيا وإيجابيا

،وكذا الجسيمات .الحيادية [1]

ويمكن للمادة أن تتحول من حالة إلى حالة عبر عدة ظواهر هي [2].

- التسامي: التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية .
- الانصهار :التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة.
- التجمد: التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة .
- التبخر:التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.
- الترسيب:التحول من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة.

و سوف ندرس في موضوعنا إحدى الظواهر السابقة وهي ظاهرة التسامي.

I - 2 - ظاهرة التسامي

I - 2 - 1- مفهوم التسامي:

هو تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائل (مثل اليود النفثالين).

I-2-2- أمثلة على التسامي

- يتسامي الزرنيخ عند درجات حرارة مرتفعة .
- الزنك الكاديوم يتسامي عند ضغوط منخفضة .
- أن بعض بلورات الثلج في السحب تتحول أحيانا و مباشرة إلى بخار.

I - 2 - 3-العوامل المؤثرة علي التسامي:

1-الضغط (العلاقة عكسية) أي كلما نقص الضغط زاد التسامي .

2-درجة الحرارة (العلاقة طردية) أي كلما زادت درجة الحرارة زاد التسامي .

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

I - 3 - مقدمة:

تعرف البلازما بالحالة الرابعة للمادة لكونها ليست بحالة صلبة ولا سائلة، ولا حتى غازية، فهي عبارة عن حالة مخففة للمادة تشبه الغاز إلا أنها مؤلفة من جسيمات مشحونة وإلكترونات وأيونات موجبة متناسب معين يجعل الوسط متعادل كهربائياً، وتشارك كل أنواع البلازما بأنها تخضع وتفسر بنفس الآليات وتدير نفس القوانين الفيزيائية وذلك باختلاف مقادير وسائطها .

وستتطرق في هذا الفصل إلى تقديم مدخل حول البلازما وذلك بالنظر إليها تاريخياً ومعرفة ماهيتها أشكالها خصائصها وكيفية معالجتها [3].

I-3-1- لمحة تاريخية:

إن أول من أطلق مصطلح الحالة الرابعة للمادة هو الإنجليزي « sir wililam Grookes » عام 1879 لوصف القسم المتأين من الانفراغات الغازية . وقد علل مصطلحه هذا على الشكل التالي تتحول المادة الصلبة بالتسخين إلى الحالة السائلة وباستمرار التسخين تتحول إلى غاز وباستمراره يحصل تأين للذرات المكونة للغاز . وعندما تبلغ الحرارة مقدار أكبر من 100000 كلفن تصبح المادة متأينة تماماً، وهذه هي الحالة الرابعة للمادة أما مصطلح البلازما فهو يوناني في الأصل فيعني شيء مكون وفق نظام معين فقد استخدم للمرة الأولى من قبل « Langnuir » عام 1928 للدلالة على غاز مضيء يحوي إلكترونات وعدة أنواع من الأيونات وبعض الذرات المعتدلة . في وقت لاحق عام 1929 وضع العالمان Tonks وLangniur وصفا للبلازما بأنها مائع شبه معتدل كهربائياً ومكون من جزئيات مشحونة وأخرى معتدلة وتسلك سلوكاً جماعياً [4].

I-3-2-3-2 ماهية البلازما:

يعتبر وصف البلازما على أنها وسط متعادل من الجسيمات موجبة وسالبة الشحنة، وبالتالي ما هي إلا حالة متميزة من حالة المادة يمكن وصفها بأنها غاز متأين تكون فيها الإلكترونات حرة وغير مرتبطة بالذرة أو بالجزئي [5].

I-3-3-3-1 درجة تأين الغاز: [6].

تكون الغازات في حالاتها العادية عازلة كهربائياً، وتصبح موصلة إذا أخضعت لحقول كهربائية شديدة تعطى درجة تأين الغاز بـ

$$\alpha = \frac{n}{n_0 + n}$$

حيث n_0 الكثافة العددية للجسيمات المحايدة الشحنة، و n الكثافة العددية للإلكترونات (أو الأيونات الموجبة الشحنة).

تتغير α عملياً بين 10^{-1} و 1.

وتقسم الغازات حسب درجة تأينها إلى قسمين غازات شديدة التأين وغازات ضعيفة التأين.

I-4-3-4-3 خصائص البلازما :

I-4-3-1-4-3 التوصيل الكهربائي:

باعتبار البلازما غاز عالي التأين يضم عدداً هائلاً من الجسيمات المشحونة المتحركة بحرية داخلها فإنها تُعد موصلاً جيداً للكهرباء تتبادل هذه الجسيمات المشحونة التأثير مع الحقل الكهرومغناطيسي الموضعي، كما أن الحركة المنظمة لها تحدث تيارات كهربائية وتغيرات لكثافة الشحنة وتؤدي إلى نشوء حقول كهرومغناطيسية. [7]

I-3-4-2- التعداد الكهربائي في البلازما:

بسبب جودة التوصيل الكهربائي فإن المجال الكهربائي للبلازما يصبح صغيرا جدا، وهذا مايفضي إلى مفهوم مهم لشبه التعداد، والذي يفيد بأنه إذا كانت الشحنات متقاربة جدا من بعضها البعض فالمفروض كثافة الشحنات السالبة تعادل كثافة الشحنات الموجبة خلال حجم كبير من البلازما، أي أنها متعادلة على السلم الجهري (الماكروسكوبي) ، ويعبر عنها بالمعادلة التالية $n_e = Zn_i$ أما مقياس طول ديبي (السلم الجهري) لا يكون متعادلا كهربائيا [8] حيث أن

n_e الكثافة الالكترونية.

Z العدد الشحني.

n_i الكثافة الايوني

I-3-5-1- قوانين التوازن:

I-3-5-1- توزيع ماكسويل بولتزمان:

النسبة بين كثافة مختلف المستويات لنفس الايون .

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

حيث :

K_B : ثابت بولتزمان .

m_e : كتلة الإلكترون.

T: درجة حرارة بالكلفن

I-3-5-2 قانون بولتزمان : هو نسبة الكثافة السكانية بين مختلف المستويات الطاقوية لنفس الأيون.

$$(2 - I) \frac{n_i}{n_j} = \frac{g_i}{g_j} \exp\left(\frac{\Delta E_{ij}}{T}\right)$$

حيث ΔE_{ij} هو الفرق في الطاقة بين المستويات ، n_i كثافة الذرة في الحالة الأساسية، n_j كثافة الذرة في الحالة

المثارة، g_i, g_j تمثل درجة التوالد

I-3-5-3 قانون ساها:

ويطبق لحساب درجة التأين في حالة التوازن الترموديناميكي وكذلك لاستنتاج الكثافة الالكترونية للوسط

$$(3 - I) \frac{N_I n_e}{N_0} = \frac{g_I g_e}{g_0} \frac{(2\pi m_e kT)^{3/2}}{h^3} e^{-\frac{x_i}{kT}}$$

$N_I \cdot n_e$ الكثافة الالكترونية والأيونية.

m_e كتلة الإلكترون.

k_B : ثابت بولتزمان .

g_e, g_i, g_0 : هي الأوزان الإحصائية، الالكترونات، الأيونات، الذرات المحايدة على الترتيب.

g_i, g_0 تعتمد على الأنواع الذرية ولكن دائما $g_e = 2$ (حالي السبين).

x_i طاقة التأين.

I-3-5-4 قانون بلانك : يسمح بتوزيع الكثافة الطيفية للإشعاع بدلالة التواتر ν (صالحة من أجل الجسم

الأسود) ، الكثافة الطيفية لوحدة الحجم وفق المعادلة التالية.

$$u(\omega, T) = \frac{\hbar}{\pi^2 C^3} \frac{\omega^3}{e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} - 1} \quad (4 - I)$$

I-4- تعريف الليزر:

إن الليزر LASER (مختصرة لعبارة تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحفز للإشعاع

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) هو مصدر ضوء

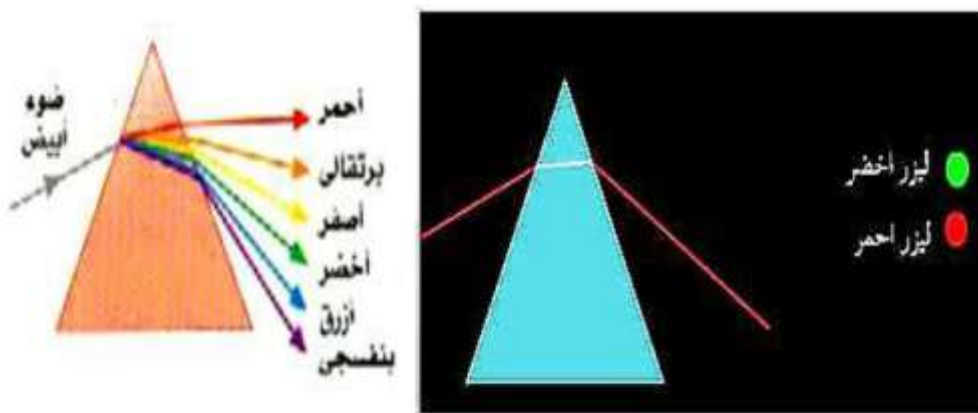
يبعث الفوتونات الضوئية على شكل حزمة مترابطة إن كلمة "lase" تعني إنتاج ضوء الليزر [10].

I-4-1- خصائص الليزر:

1-أحادي الطول الموجي أحادي اللون (**monochromatic**) إن ضوء الليزر هو ضوء أحادي

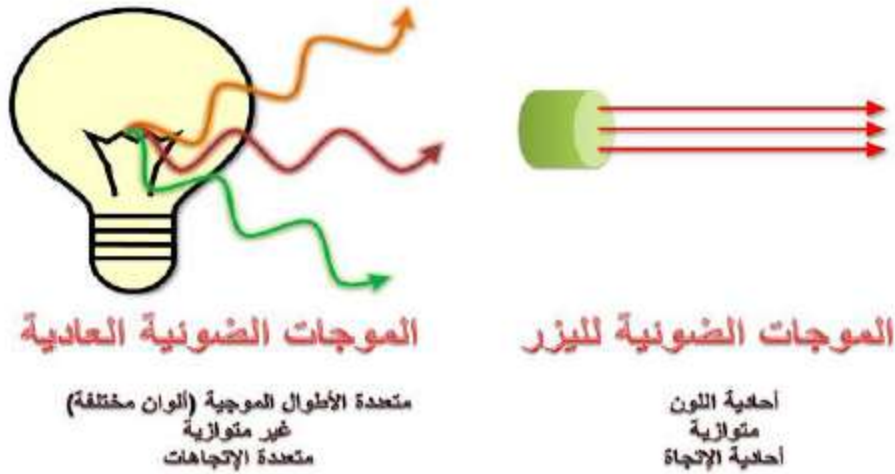
اللون ، لأن جميع موجاته لها التواتر نفسه تقريبا ضمن مجال طيفي ضيق جدا، مما يسبب إصدار ضوء على درجة

عالية من النقاء الطيفي وهذا يعطي لون محدد لضوء الليزر كما هو موضح في الشكل (I-4) [11].



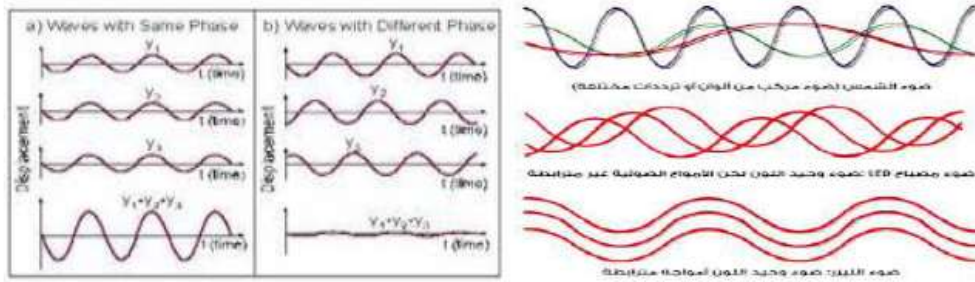
الشكل (I. 4): يوضح الفرق بين الضوء العادي وضوء الليزر من حيث الطول الموجي [13]

2-الاتجاهية (DIRECTIONALITY):هي سمة من سمات ضوء الليزر حيث يملك هذا الأخير حزم ضوئية متوازية تنتشر في اتجاه واحد، ويكون بذلك التشتت معدوما، مما يجعلها تنتقل لمسافات بعيدة جدا مع فقدان طفيف للطاقة بينما الضوء العادي يملك حزما تتباعد كلما ابتعدنا عن المصدر، حيث أن جميع المصادر العادية للضوء تصدر الضوء في جميع الاتجاهات مما يسبب فقدان في طاقته (I-5) [11].



الشكل I. 5: يوضح اتجاهية ضوء الليزر وتشتت الضوء العادي [13].

3-الترابط : الترابط بين موجات الحزمة الواحدة عالي جدا ومتزامن وهذا يساعد الموجات الضوئية أو الفوتونات في تقوية بعضها البعض لتعطي طاقة وقدرة عالية للحزمة الواحدة وهذا الترابط إما أن يكون الترابط بناء وفيه فرق الطور (phase) بين الموجات يساوي صفرا. وإما إن يكون الترابط هدام وفيه يكون هناك فرق في الطور بين الموجات كما هو موضح في الشكل (I-6). [12]



الشكل I. 6: يوضح ترابط وتزامن الموجات الضوئية [13]

4-الشدة: يتميز شعاع الليزر بشدة عالية ومركزة في حزمة ذات قطر ضيق يبلغ 1مليمتر ويمكن تعريضها أو تركيزها

في بقعة صغيرة باستخدام بعض الأجهزة البصرية مثل (العدسات). [11]

I-4-2- شرط انبعاث الليزر :

يجب توفير ثلاث شروط أساسية وهي:

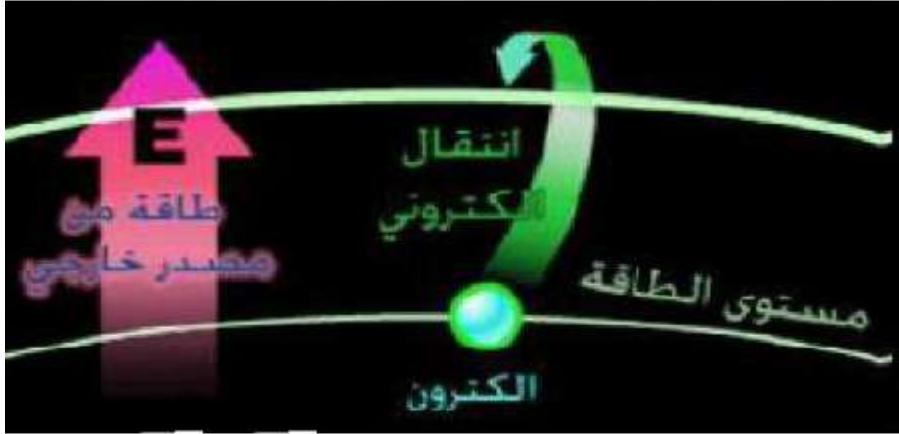
1-توفير الانبعاث الاستثنائي:

معظم الذرات في الظروف الطبيعية تكون إلكتروناتها في مستوى طاقة منخفض، حيث تكون مستقرة ولكن

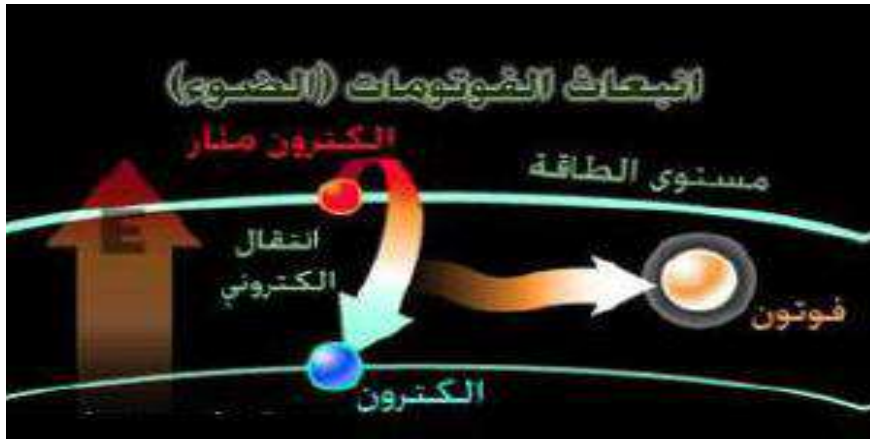
بعضها يكون في حالة تهييج أي أن إلكتروناتها في مستوى طاقة أعلى، فتقوم هذه الذرات بالتخلص من الطاقة

الزائدة لتعود إلكتروناتها إلى المستوي المنخفض وترسل الطاقة على شكل فوتونات مبعثرة وغير مترابطة ، كما انها

قليلة جدا بسبب قلة عدد الذرات المثيجة . [1412،]



الشكل I. 7: يوضح الانبعاث ألاستحثائي انتقال الإلكترون من E_1 إلى E_2 [15]



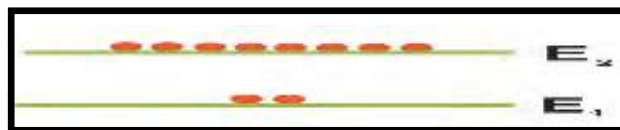
الشكل I. 8: يوضح استرخاء الإلكترون من E_2 إلى E_1 [15]

2- التعداد المعكوس (Population Inversion):

يتطلب انبعاث أشعة الليزر العمل علي 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

الدينا، نستطيع القول بأنه حصل انقلاب في التعداد [16].



الشكل I. 9: التعداد المعكوس [29]

3- التضخيم الضوئي :

عندما تعطي مجموعة من الذرات طاقة لتصبح في وضع التهيج فإن انبعاث فوتون من أحد هذه الذرات بسبب عودة إلكتروناتها إلى مستوى الطاقة الأرضي سيعطي هذا الأخير طاقة للذرات الأخرى فتنقل إلكتروناتها إلى مستوى طاقة أعلى فتصدر بذلك فوتونات أخرى فيزداد عدد الفوتونات الناتجة بشكل كبير. [12،14]



الشكل I. 10: عملية التضخيم الضوئي.

I-4-3- مكونات جهاز الليزر

يتكون جهاز الليزر عادة من العديد من المكونات الكهربائية والإلكترونية والبصرية. باستعراض أهم المكونات الرئيسية التي يشترط وجودها في جهاز الليزر [16].

- 1- الوسط الفعال : وهو الوسط الذي تتولد منه الأشعة وقد يكون الوسط عبارة عن مجموعة من ذرات أو جزيئات أو عنصر أو مركب أو مزيج بحالة صلبة أو سائلة أو غازية، له عدد من المستويات الطاقية تصلح لتحقيق بينها الانتقالات الثلاثة الضرورية امتصاص، انبعاث تلقائي، انبعاث محفز يصنف الوسط الفعال اعتماداً على احتمالية الانتقال بين المستويات.

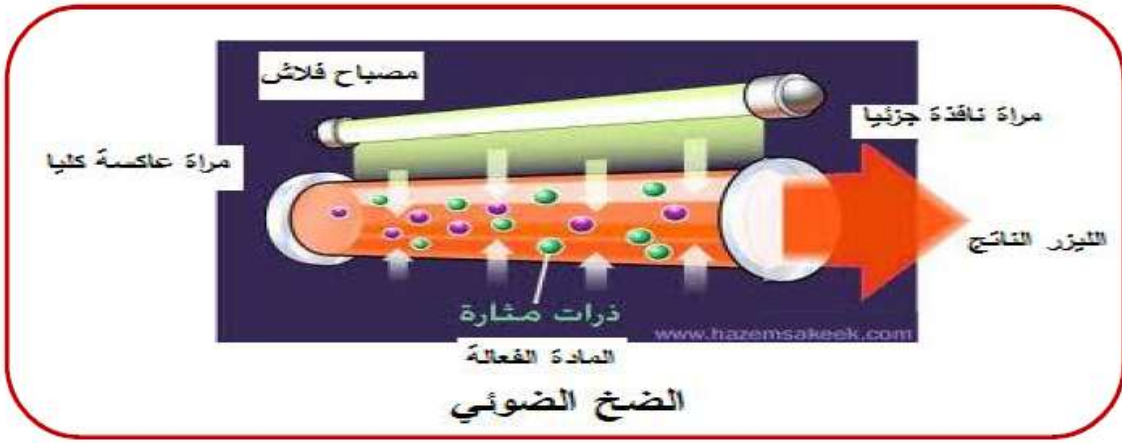
2- المرنان الليزري :

يعتبر المرنان الليزري من المكونات الأساسية لأجهزة الليزر. ويتكون المرنان عادة من مرآتين متقابلتين ويشبه مقياس فابري-بيرو، ويقوم المرنان بمساعدة الفوتونات المنبعثة لتنعكس ملايين المرات في الثانية ذهابا وإيابا بين المرآتين، مارة في كل جولة خلال الوسط الفعال لتحفيز أعدادا كبيرة من الذرات أو الجزيئات المثيجة لكي تنبعث فوتونات جديدة أخرى للحصول على حزمة الليزر، يمكن القول بان المرنان هو الذي يضمن استمرارية عمل منظومة الليزر بواسطة التغذية العكسية كما موضح في الشكل (I-11).



الشكل I. 11: يوضح توضع المرآتان

3-تقنية الضخ : تعد تقنية الضخ إحدى المستلزمات الرئيسية الثلاث لمنظومة الليزر اذ تقوم الطاقة الضاخة بإثارة الذرات المستقرة في الوسط الفعال لتنتقل إلى المستويات المثيجة لكي يتحقق التوزيع العكسي المناسب الذي يضمن توليد الليزر، وتوجد ثلاث تقنيات معروفة للضخ وهي تقنية الضخ الضوئي والضخ الكهربائي والضخ الكيميائي .



الشكل I. 12: مكونات ليزر الياقوت [15]

I-4-4- أنواع الليزر

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

1-ليزر الحالة الصلبة : هو عبارة عن بلورة من مادة صلبة يتم إدخال أيونات فعالة فيها لغرض توليد الليزر من

أكثر بلورات الليزر شيوعا هي الياقوت (*Ruby*) النيديميوم ياك (*Nd: YAG*) النيديميوم زجاج (*Nd: Glass*) والالكسندرايت (*Alexandrite*) والتيتانيوم زفير (*Ti:Sapphire*).

2-ليزر الحالة السائلة : هو عبارة عن صبغة عضوية مذابة في محلول مناسب مثل الماء والكحول الايثيلي وغيرها.

3-ليزر الحالة الغازية : عبارة عن أنبوب من الزجاج أو السيراميك يحتوي على غاز واحد مثل ليزرات الأركون

والزينون والهيدروجين النيتروجين أو خليط من غازين مثل ليزرات الهليوم نيون وفلوريد الهيدروجين وكلوريد الزينون أو

أكثر من خليط مثل ليزرات $CO_2:N_2:He$. [17]

I-4-5-استخدامات الليزر: يستخدم الليزر كمصدر حراريا في الكثير من التطبيقات الصناعية والطبية ،

كاستخدامه في صناعة الدوائر الإلكترونية المتكاملة وفي تذيب المقاومات وفي تثقيب المعادن وقطعها

ولحامها، وكما يستخدم كذلك العمليات الجراحية الدقيقة ايضا [16].

التعريف :

يعتبر النحاس أول معدن استخدمه الإنسان وثاني المعادن من حيث تعدد المنافع بعد الحديد وقد تم اكتشافه منذ أكثر من (عشرة آلاف عام) قبل الميلاد. وهو عبارة عن فلز محمر اللون يتغير لونه و خصائصه عندما يتحد مع عناصر أخرى مشكلاً مركبات مختلفة، ويأتي النحاس في المجموعة الانتقالية رقم (11) من الجدول الدوري، رقمه الذري (29) ووزنه الذري (63.5) وقد اشتق أسم النحاس من الاسم اللاتني لجزيرة قبرص (Cyprus) وسمى الخام (Cyprium) ثم حرف على مدى السنين إلى (Cyprum) وقد اشتق رمزه الكيميائي (Cu) من الحرفين الأولين لأسمه .

الإستخدامات:

- ✓ صناعة الكهرباء: تستهلك أكبر كمية من النحاس حيث يستخدم في صناعة المولدات الكهربائية .
- ✓ التلحيم: يعتبر التلحيم بالنحاس من أقدم الصناعات.
- ✓ الغذاء: وجد أن غذاء الإنسان العادي يحتوي على النحاس.
- ✓ صناعة السبائك: يخلط النحاس مع عدد كبير من المعادن الأخرى لانتاج أكثر من (1000) سبيكة.

الفصل الثاني

الأطياف الذرية

مقدمة:

يهتم علم الأطياف بدراسة نواتج التفاعل بين المادة والإشعاع الكهرومغناطيسي والذي يمتد من أشعة غاما عالية الطاقة إلى موجات الراديو المنخفضة الطاقة جدا مرور بالاشعة السينية وأشعة المايكروويف والأشعة فوق البنفسجية والمرئية تحت الحمراء [18].

تعتبر طرق التحليل الطيفي من أهم طرق التحليل المباشرة نظرا لسهولة ودقتها وحساسيتها العالية وتطبيقاتها المتعددة تعتمد هذه الطرق على الامتصاص وانبعث الطاقة الإشعاعية وأدى بتفسير هذه المعلومات ويمكن الحصول على معلومة كمية ونوعية، فمن الناحية النوعية تستخدم مواقع الخطوط أو الحزم الامتصاصية والانبعثية التي تظهر على الطيف الكهرومغناطيسي وهي دليلا على وجود عناصر خاصة. أما من الناحية الكمية فيمكن تقدير تركيز المكونات في قياس شدة خطوط الامتصاص والانبعث حيث تعطي المعلومات التالية عن نسبة تواجد العناصر أو درجة حرارة الوسط [19].

II-2- تعريف الأطياف:

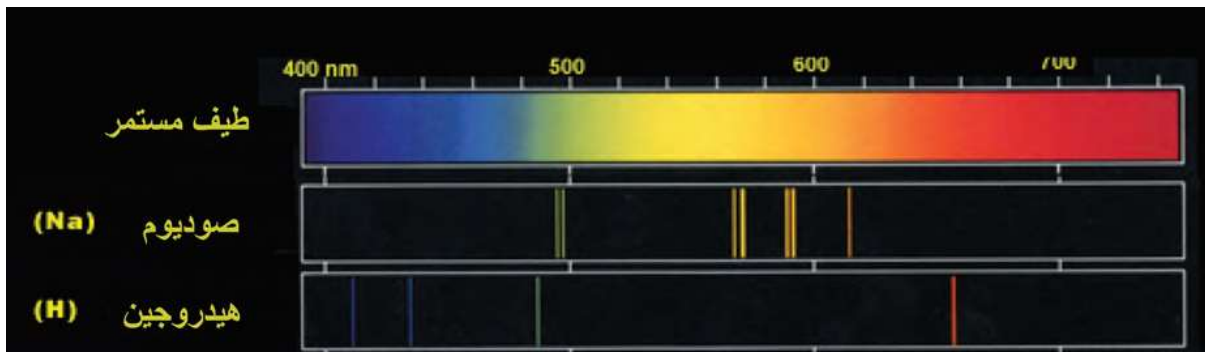
الطيف هو عبارة عن ضوء مكون من حزمة من الأشعة ذات أطوال موجية مختلفة، حيث استطاع بوهر عام 1913 م وضع نظرية لذرة الهيدروجين التي بموجبها فسر الطيف المنبعث عن الذرة [2].

II-3- أنواع الاطياف الذرية:

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

II-3-1- طيف الانبعاث (الإصدار) :

بإثارة الذرات بوسائل مختلفة (حرارية طيف اللهب) يتم الحصول على طيف الإصدار، فالطاقة الممتصة تجعل الإلكترونات ترتقي من وضع الأرضي إلى وضع آخر مهيج أعلى طاقة، وعند عودتها إلى وضع الأرضي، تحرر طاقة على شكل ضوء (طيف إصدار) من المعروف أن الإلكترونات المهيجة لها عمر قصير، ويمكن من جهة أخرى أن يكون لها أعمار طويلة حيث يستمر معها إصدار الضوء [20،31].



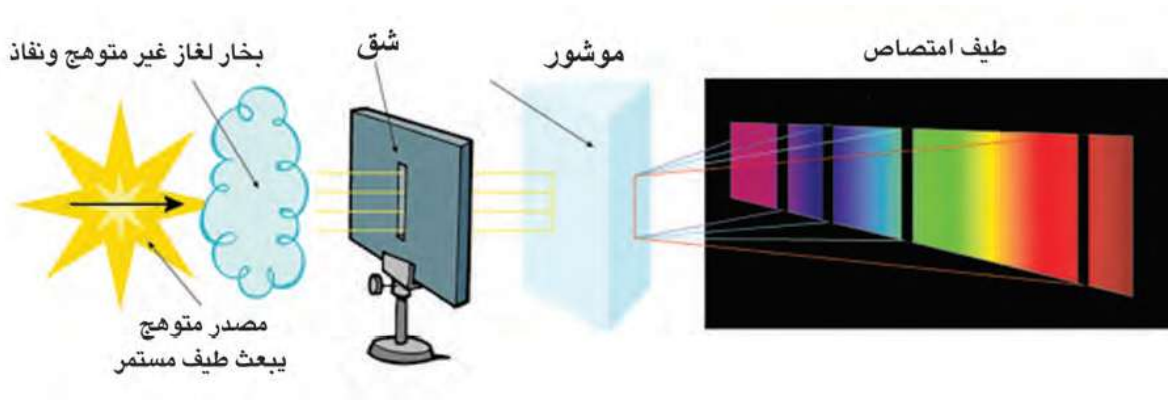
الشكل II. 1 يوضح طيف الإصدار [36]

وهناك نوعان من طيف الإصدار "الانبعاث" هما الطيف المستمر والطيف المتقطع

- **الطيف المستمر:** هو الذي تعطيه غالبية المواد الصلبة عند درجة حرارة عالية، ويتكون الطيف المستمر من حزمة غير متقطعة من ألوان وأطول موجات مرئية.
- **الطيف المتقطع:** يتكون من نمط خطوط مضيئة على أرضية داكنة ويسمى بخط الطيف المرئي أطياف خطية.

II-3-2- طيف الامتصاص:

يتم الحصول على طيف الامتصاص من خلال تمرير ضوء صادر من مصدر مستمر خلال غاز او محلول مخفف للعناصر المطلوب تحليلها ،ويتكون طيف الامتصاص من خطوط مظلمة متتالية تتراكب على الطيف المستمر لمصدر كما هو موضح في الشكل (II-2) [21] .



الشكل II. 2 يوضح طيف الامتصاص [36]

II-4- التعريضات وأشكال الخطوط:

تعتبر التعريضات الطيفية من بين أهم الطرق المستخدمة من أجل تحديد خصائص الأوساط (غازاً أو بلازماً) حيث أن هذا الطيف ليس رقيقاً بل هو عرض ناتج عن عدة أسباب [22].

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

أسباب تعريضات الخطوط الطيفية المنبعثة من المرسل كثيرة ،ونذكر منها

❖ التعريض بواسطة الإشعاع: التعريض الطبيعي

❖ التعريض بواسطة فعل دوبلر.

❖ التعريض بواسطة التصادمات.

1- التعريض الطبيعي:

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

كميا: ناتج عن ارتياب في مستويات الطاقة. وهذا راجع إلى متوسط الحياة. حيث أننا لانستطيع تحديد الزمن والطاقة في أن واحد (مبدأ الارتياب لهيزنبرغ).

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

الذرات تستطيع أن تأثر على الانتقال من حالة (a) إلى الحالة المثارة (b) بطاقة منخفضة ، 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 : [24، 23]

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

الدالة الموجية التي تصف حالة الذرة عند الحالة المثارة j.

γ : يمثل معدل الانبعاث

الدالة $\Psi_j(r, t)$: يمكن التعبير عنها بجزأين أحدهما موضعي والأخر زمني علي 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 حالة j.

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

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

باستعمال تحويل فورييل نجد:

$$(5-II)f(w) = A \int_0^{+\infty} e^{(-i(w-w_0)t - \frac{\gamma t}{2})} dt$$

w_0 : التواتر الطبيعي للمشع .

دالة التوزيع تعطى بالشكل

$$E(w) = \frac{1}{2\pi} \frac{A^2}{(w-w_0) + \frac{\gamma^2}{4}} \quad (6-II)$$

شدة الإشعاع اللورنتزية تأخذ الشكل:

$$I(w) = \frac{\gamma}{2\pi} \frac{1}{(w-w_0)^2 + \frac{\gamma^2}{4}} \quad (7-II)$$

عرض نصف الخطوط يعطى بالمعادلة (8-II)

$$(IW_1) = I(W_2) = \frac{I(W_0)}{2} \quad (8-II)$$

2- تعريض دوبلر

ناتج عن الحركة النسبية بين المرسل والمستقبل ، و هو أول وصف دقيق قدمه رايلي 1889 حيث لاحظ ذرات

المصدر تتحرك بسرعة v اتجاه زاوية تصنع θ مع اتجاه الملاحظ ، ويسجل تواتر ω وتعطى عبارته كالتالي:

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

ω_0 : التواتر المتعلق بالمصدر.

C : سرعة الضوء في الفراغ .

ومن خلال العلاقة (9-II) نحصل على:

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

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

$$W(v_\chi) dx = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{v_\chi^2}{v_0^2}\right) \frac{dv_\chi}{v_0} \quad (11-II)$$

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

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

الغاوسي وعبارته تأخذ الشكل التالي [23].

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

$I(\omega)$: توزيع غوصيان التواتر ω .

3-تعريض التصادمات:

إن السبب الرئيسي لتعريض خطوط الطيف هو الاضطراب الناجم عن الذرات وذلك بمختلف جزئياتها المشحونة والغير مشحونة، وفي هذه الحالة يحدث التعريض بواسطة التصادم يمكن تقسيمه إلى ثلاث فئات :

(1) _**التعريض بالرنين**: ويكون ذلك بواسطة اضطراب الجزئيات الغير مشحونة (تفاعل ثنائي الأقطاب _ثنائي الأقطاب).

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

4-**تعريض ستارك**: سببه تفاعل الجسيمات المشحونة (أيونات، إلكترونات) مع ذرات المصدر. ويتم التعبير عن هذا التفاعل بواسطة تأثير حقل ضعيف أيوني إلكتروني مع ذرات المصدر ويعمل على اضطراب مستويات الطاقة E الذرية لتصل أدنى المستويات، [23،26] .

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

إذا كان الوسط ذو ضغط منخفض نسبياً فإن الطيف يأخذ الشكل اللورنتزي. [23]

II-5- الطرق المستعملة لتحليل الأطياف

II-5-1- شدة الخطوط الطيفية:

II-5-2- شدة الخطوط الطيفية الذرية:

وشدة الخط الطيفي الموافقة للانتقال من المستوى الأول إلى المستوى النهائي، وتتميز خطوط الطيفية ليس فقط من جانب الترددات ولكن أيضا من الشدة. تعطى بالعلاقة الكلاسيكي.

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

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

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

ν_{if} : نبض هذا التحول (تردد).

N_i عدد الذرات المثارة في وحدة الحجم .

h : ثابت بلانك .

$B(T)$ دالة التوزيع.

I_{if} : الشدة يعبر عنها بـ (w/m^3) .

II-5-1-2- شدة الخطوط الطيفية الجزئية:

ليكن 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 4π استراديانو تعطي المعادلة بـ:

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

حيث h : ثابت بلانك.

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

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

$$\nu_{n'', v'', j''}^{n', v', j'} \text{ العدد الموجي للانتقال من } (n', v', j') \text{ الى } (n'', v'', j'') \text{ ب } (cm^{-1})$$

$$I_{n'', v'', j''}^{n', v', j'} \text{ الشدة يعبر عنها ب } (w/m^3) \cdot [26]$$

II-5-2- تحديد درجة حرارة الإلكترون:

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

1- نسبة الشدة بين الخطين:

نسبة الشدة بين الخطين: هذه الطريقة تتم بين إنتقالين بشرط وجود توازن حراري (توازن ترموديناميكي محلي) بدراسة حرارة معينة.

وفقا للمعادلة (1.II) يمكننا أن نستنتج درجة حرارة الوسط بأستخدام ، الخطين (1) و (2) من نفس النوع.

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

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

2 - طريقة الرسم التخطيطي لبولتزمان :

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

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

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

$B(T_{exc})$: هي دالة التوزيع

λ : هو الطول الموجي الموافق للانتقال .

A_{if} : احتمال الانتقال [27].

الفصل الثالث

الدراسة التحليلية لطيف النحاس

التجريبي

مقدمة:

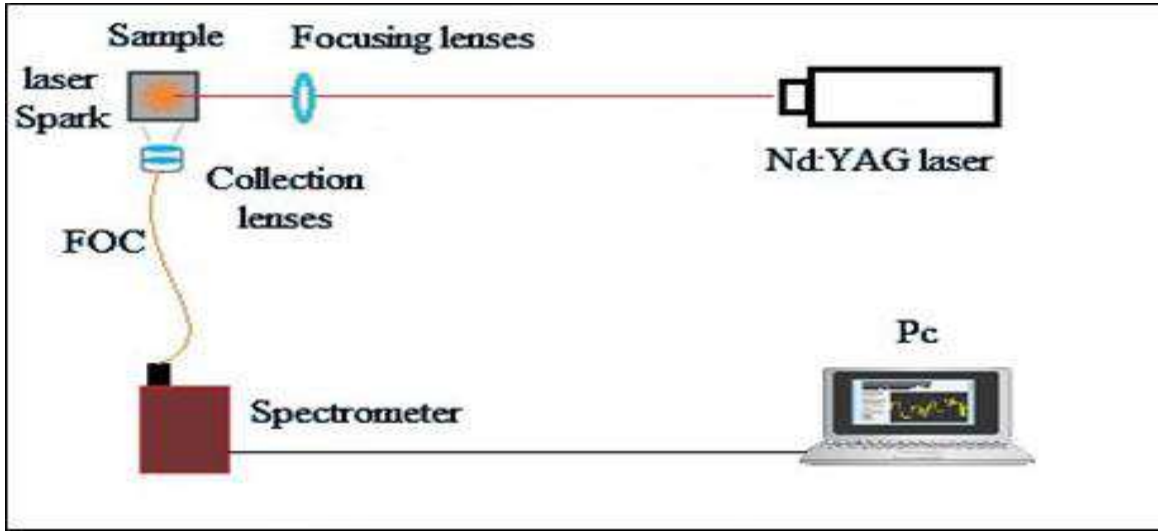
في هذا العمل التجريبي نقوم بدراسة أطياف بلازما النحاس في هواء باستخدام ليزر Nd: YAG قبل التطرق إلى البرنامج الرقمي المتبع في هذه الدراسة نقوم أولاً بتحليل أطياف الصادرة عن الوسط الذي تشكلت به البلازما، بتقنية LIBS وهي تقنية غير مكلفة ومناسبة للعديد من التطبيقات (الطبية، العسكرية)، والتي تسمح بالمسح عن بعد في الوقت الحقيقي، وغير مدمرة للعينة [33،34].

الغرض من هذه التجربة هو حساب درجة الحرارة الالكترونية، قياس الكثافة الالكترونية للبلازما باستخدام طريقتي بولتزمان وساهما على التوالي وهناك أعمال كثيرة تمت في هذا الاتجاه .

تجربة:

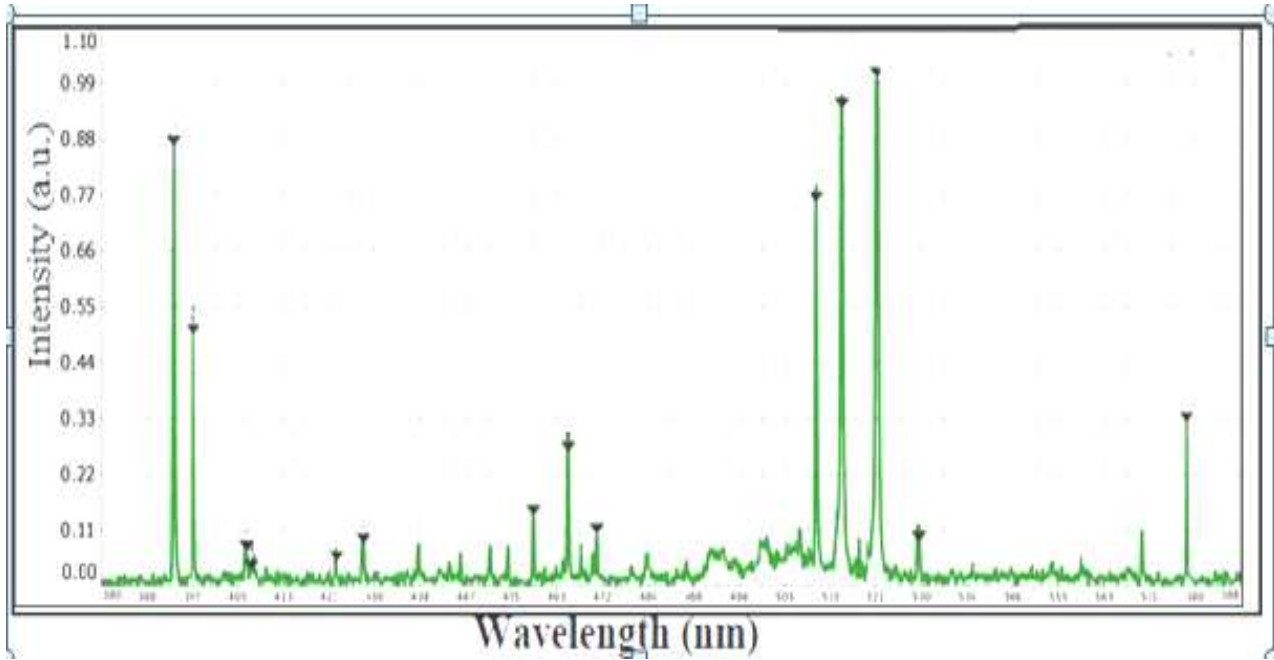
إن الليزر المستخدم في هذا التركيب التجريبي الموضحة بالشكل (III-1) ذو طول موجي 1064 نانومتر، بحيث يعمل هذا الليزر بنظام النبضات يتراوح زمن نبضة في حدود 9 نانو ثانية وكل نبضة من نبضات الليزر تحمل طاقة في حدود 75 ملي جول وهي طاقة كافية لإنتزاع الجسيمات من العينة أي تتحول العينة من الحالة الصلبة إلى الغازية مباشرة وتشكل بما يسمى بسحابة البلازما، تتمدد سحابة البلازما المكونة من الغاز المتأين، وخلال فترة زمنية في حدود ميكروثانية تبدء في الاسترخاء وتنتقل إلى المدرات الأرضية أي عودة إلى حالة الإستقرار المطلقة للفوتونات الضوئية التي تعرف باسم طيف الانبعاث " spectral émission " تسقط هذه الفوتونات الضوئية على عدسات تجمعها وتركزها على نظام الألياف البصرية والتي توصل ضوء البلازما إلى فتحة مدخل محلل الطيف الذي يعمل على تشتت الضوء حسب طول الموجي [32].

والتي توصل ضوء البلازما إلى فتحة مدخل محلل الطيف الذي يعمل على تشتت الضوء حسب طوله الموجي [32].



الشكل III.1: رسم تخطيطي يوضح عملية التسمي وتسجيل الطيف التجريبي [32]

❖ نلاحظ خطوط الانبعاث بالنسبة لعينة النحاس CuI



الشكل III.2: الطيف التجريبي الناتج عن الدراسة [32]

III-3-دراسة الأطياف التجريبية للنحاس (CuI):

من أجل دراسة دقيقة للأطياف التجريبية الناتجة عن العينة نقوم بإعادة رسمها نظريا ، انطلاقا من قاعدة معطيات الفيزياء الذرية وباستخدام برنامج عددي تم إعداده وتنفيذه بلغة الفور ترون.

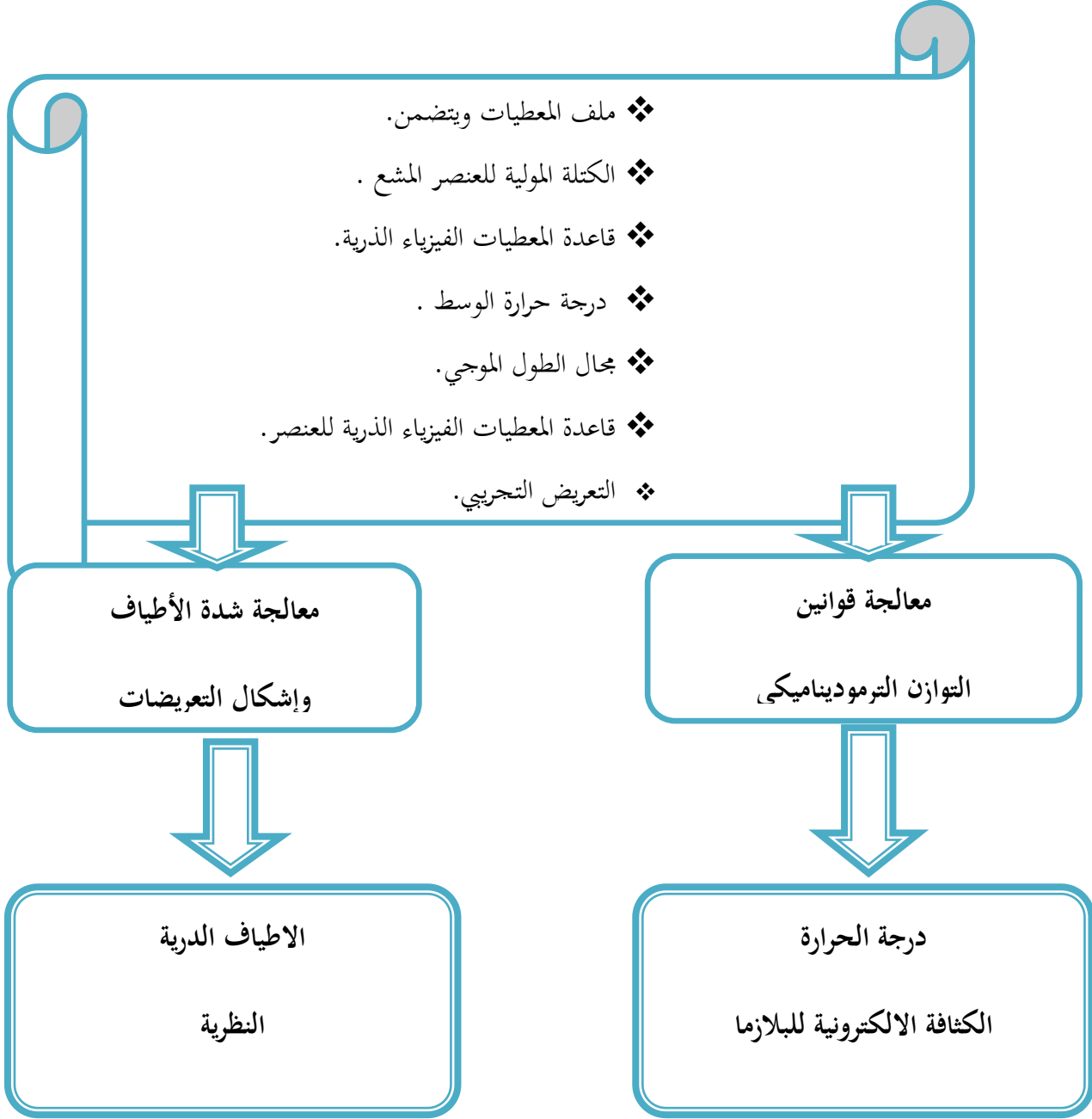
البرنامج الرقمي:

البرنامج الرقمي تم إعداده بلغة الفور ترون مبني على المعادلات التالية

- ❖ توزيع ماكسويل بولتزمان .
- ❖ توزيع بولتزمان .
- ❖ قانون ساها.
- ❖ قانون دالتون.
- ❖ قانون الحصلة الحيادية للبلازما .
- ❖ قانون الحفاظ المادة .
- ❖ التعريض الطبيعي.
- ❖ تعريض دبلر .
- ❖ مفعول ستارك.
- ❖ تعريض التصادمات.
- ❖ التعريض التجريبي شكل غوص.
- ❖ التعريض التجريبي شكل لورنتز.
- ❖ قانون التعريض المركب.

III-3-1- طريقة استخراج الأطياف النظرية:

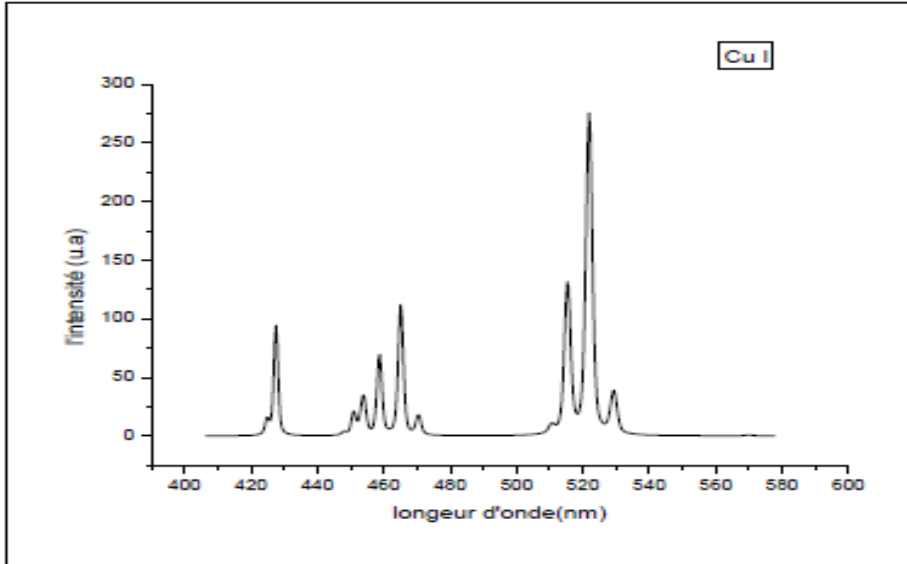
من اجل دراسة دقيقة الأطياف الناتجة عن بلازما النحاس نقوم بإعادة رسمها نظريا انطلاقا من قاعدة المعطيات الفيزياء الذرية باستخدام برنامج رقمي تم إعداده بالغة الفور ترون الموضح في المخطط التالي [35].



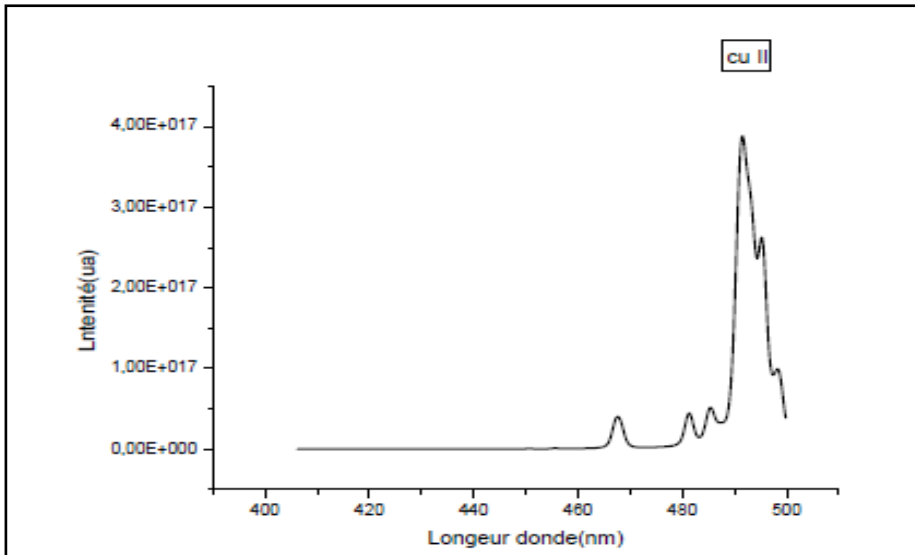
الشكل III. 3: مخطط توضيحي للبرنامج

III-3-2- رسم الأطياف النظرية للنحاس وبعض الشوائب المحتملة :

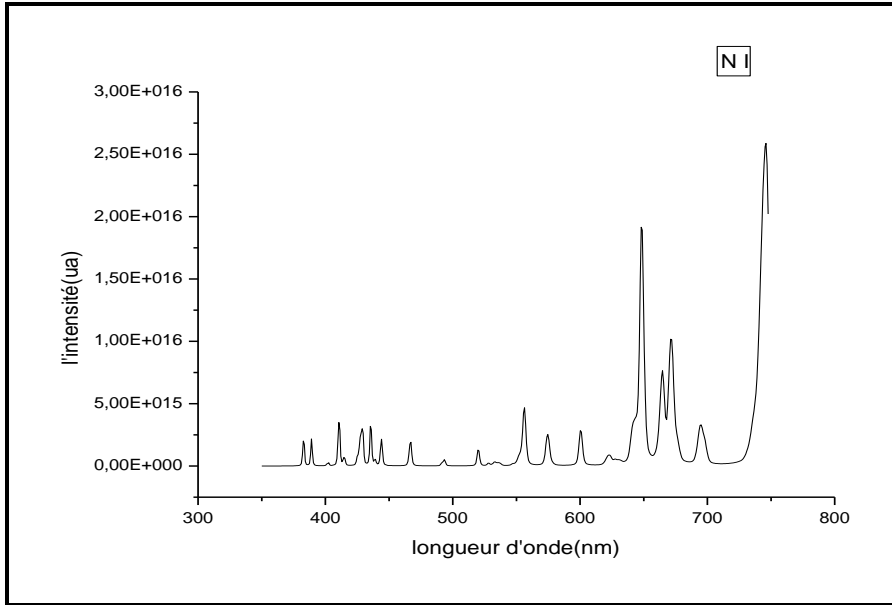
نقوم برسم الأطياف النظرية للنحاس CuI وكذلك CuII وبعض الشوائب المتوقع وجودها في العينة بالاعتماد على قاعدة المعطيات للفيزياء الذرية بفرض أن الوسط في حالة توازن ترموديناميكي محلي .



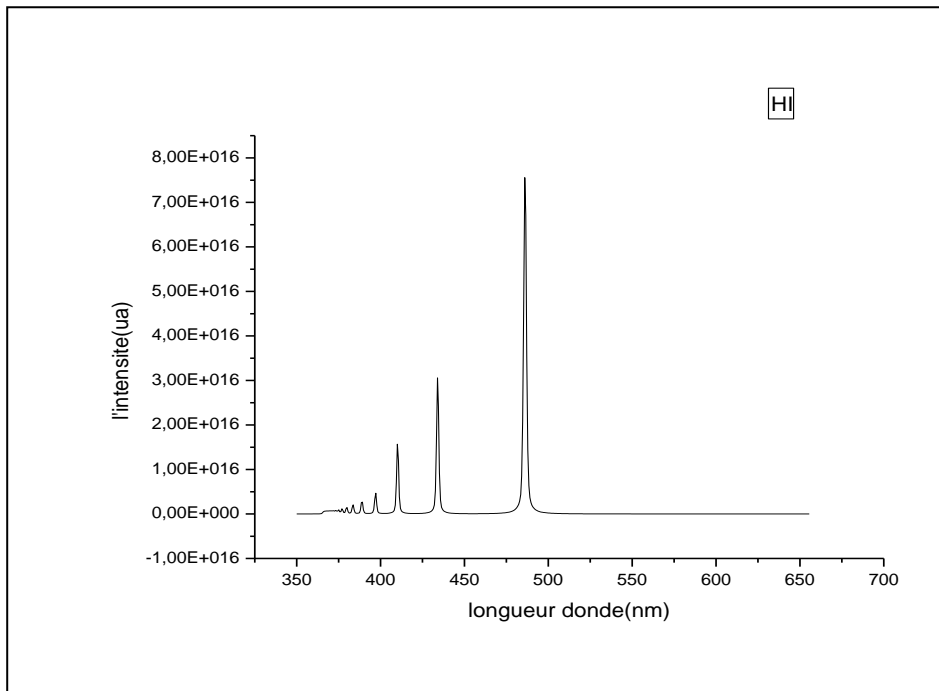
الشكل III.4: الطيف النظري للنحاس CUI



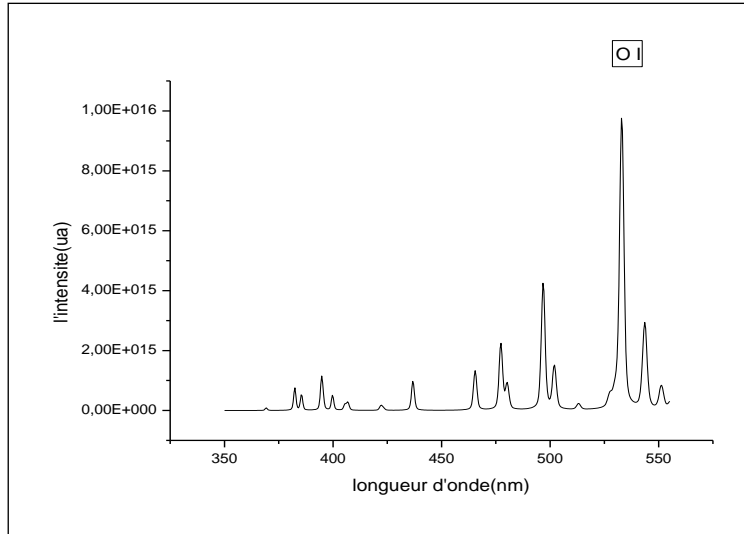
الشكل III.5: الطيف النظري لنحاس CuII



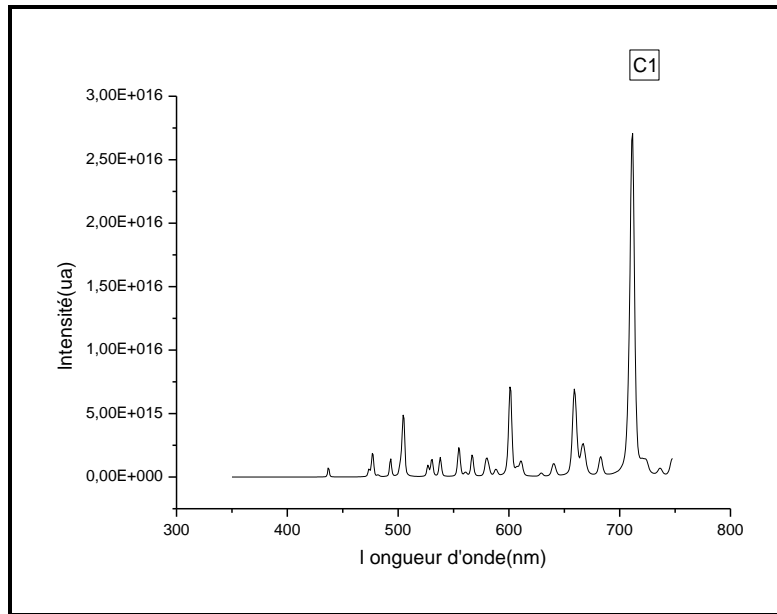
الشكل III. 6: الطيف النظري للازوات NI



الشكل III. 7: الطيف النظري للهيدروجين HI



الشكل III. 8: الطيف النظري للأوكسجين OI



الشكل III. 9: الطيف النظري للكربون C1

III-3-3- المقارنة وتحديد الأطياف

عند مقارنة الأطياف النظرية التي قمنا برسمها بواسطة البرنامج رقمي وفق مجال الطول الموجي بالاعتماد على قاعدة المعطيات الذرية لاحظنا وجود تطابق الأطياف النظرية للنحاس وبعض الشوائب المتوقعة والجدول (III-1) التالي يوضح هذه العناصر [22] .

بعد المقارنة بين الأطياف التجريبية والأطياف النظرية تم تحديد العناصر التالية.

الجدول III. 1: جدول المقارنة بين الأطياف النظرية.

الرقم	العنصر	طول الموجة (nm)	الشدة I
1	CuI	393.304	3.8
2	CuI	396.416	2.2
3	CuI+OI	406.320	0.3
4	CuI+HI	407.319	0.2
5	NI	409.409	0.1
6	CuI	423.094	0.2
7	CuI	427.51	0.4
8	CI	438.871	0.4
9	CuI	453.680	0.3
10	CuI	452.695	0.6
11	CuI	465.111	1.1
12	CuII	467.843	0.3
13	CuI	453.153	0.1
14	CuII	485.349	0.2
15	CuII	492.094	0.1
16	OI	501.227	0.4
17	CuI	510.551	3.3
18	CuI	515.323	4.2
19	NI	518.181	0.3
20	CuI	521.819	4.4
21	CuI	529.251	0.5
22	NI	571.891	0.5
23	CI	539.916	0.1

III-3-4- حساب درجة الحرارة الوسط T:

يعتمد 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 الطيفين التاليين من اجل تنفيذ الدراسة:

الجدول III. 2: المعطيات الفيزياء الذرية للانتقالات المختارة.

I(u.a)	(nm) λ	g_i	g_k	$A_{ki}(s^{-1})$	(ev) E_i	(ev) E_K	العنصر
4.2	521.819	4	6	7.5×10^7	3.8166920	6.1920251	CuI
0.5	529.251	8	8	1.09×10^7	5.395050	7.7370227	CuI

بالاعتماد على معطيات الجدول (2-III) وتطبيق العلاقة (2-III) (3-III) نجد

$$R = \frac{I_1}{I_2} \quad (1-III)$$

$$(2-III) \frac{I_1}{I_2} = \frac{g_1 \cdot A_1 \cdot \lambda_2}{g_2 \cdot A_2 \cdot \lambda_1} \exp\left(\frac{E_2 - E_1}{k_B T}\right)$$

$$(3-III) k_B T = \frac{E_2 - E_1}{\ln\left(\frac{R g_2 A_2 \lambda_1}{g_1 A_1 \lambda_2}\right)}$$

ومن خلال تعويض نتائج الجدول السابق في العلاقة (2-III) (3-II) نجد

$$k_B T = 3.26 \text{ ev}$$

$$k T = 37.816 \times 10^3$$

مناقشة النتائج:

من خلال العمل الحسابي الذي قمنا به تم اختيار إنتقالين من الطيف التجريبي $\lambda_1 = 521.81 \text{nm}$ و $\lambda_2 = 529.25 \text{nm}$ ، وبناء على معطيات الفيزياء الذرية وبتطبيق قانون بولتزمان نلاحظ أن درجة حرارة الإلكترونية المحسوبة $T = 3.26 \text{ev}$ تدخل ضمن مجال درجات الحرارة الالكترونية للبلازما المخبرية الباردة والتي تكون غالبا محصورة ما بين 1 و 5 إلكترون فولط. كما قمنا بالمقارنة بين الطيفين CuI_1 ، CuI_2 التجريبية مع الأطياف النظرية نلاحظ تطابق في نسبة الشدة بينهما مع العلم أن الأطياف النظرية تم حسابها بفرض وجود توازن حراري وبالتالي نستنتج أن الوسط الذي تمت به التجربة في حالة توازن حراري محلي .

4-III حساب الكثافة الالكترونية:

هناك عدة طرق تطبق من أجل حساب الكثافة الالكترونية للوسط كما ذكرنا سابقا بالفصل الأول و سنطبق في عملنا هذا طريقة ساهها التي تعتمد على احد قوانين التوازن الترموديناميكي، وسنختار طيفين من نفس العنصر وفي حالتين مختلفتين و هما CuI و CuII .

الجدول III. 3: المعطيات الفيزياء الذرية للانتقالات المختارة

العنصر	$E_K \text{(ev)}$	$A_{Kf} \text{(S}^{-1}\text{)}$	$\lambda \text{(nm)}$	I
CuI	16.85	7.5×10^7	521.819	4.4
CuII	6.19	10.1×10^9	467.843	0.3

مع العلم ان طاقة تايين النحاس هي:

$$E_{\text{ion}} = 7.726 \text{(ev)}$$

وكما لدينا سابقا درجة الحرارة الالكترونية التالية: $T = 3.26 \text{ (ev)}$ أي $T = 37.816 \times 10^3 \text{ K}$

وبالاعتماد على معطيات الجدول (3-III) نجد

$$R = \frac{I_{CuI}}{I_{CuII}} = 14.66 \quad (4-III)$$

وبتعويض كذلك معطيات الجدول (3-III) بمعادلة ساها التالية:

نجد

$$\frac{N_I n_e}{N_0} = 7.24722625 \times 10^{28} m^{-3}$$

ومن خلال حساب نسبة الشدة ما بين طيفين لكل من النحاس في الحالة الأساسية وكذا النحاس المؤين مرة

واحدة نتحصل على المعادلة التالية

$$\frac{I_{CuI}}{I_{CuII}} = \frac{N_0 B_{CuII} A_{if} \lambda_{CuII}}{N_I B_{CuI} A_{if} \lambda_{CuI}} \exp\left(\frac{E_{icuI} - E_{icuII}}{T}\right)$$

و التي نجد من خلالها:

$$\frac{N_0}{N_I} = 168.505$$

وبالتعويض في المعادلة (5-III)

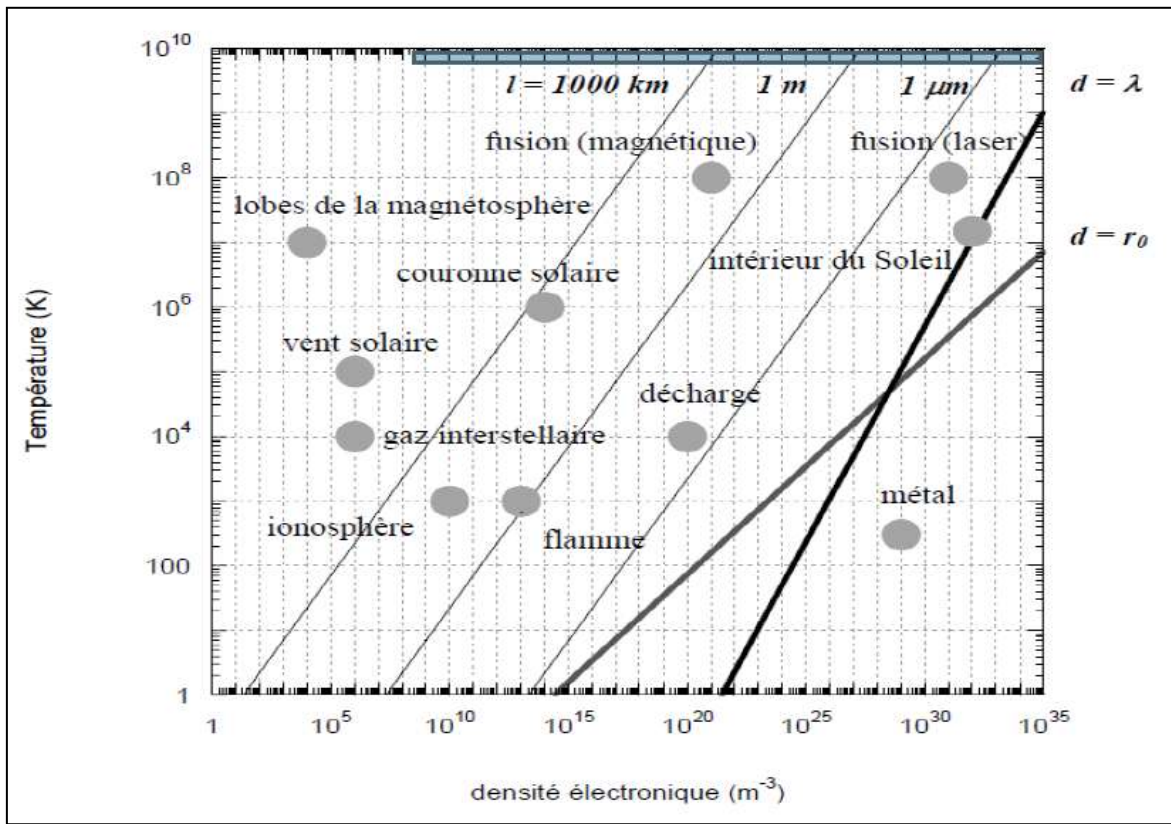
نتحصل على الكثافة الالكترونية التالية للوسط:

$$n_e = 1.22 \times 10^{31} (m^{-3})$$

$$n_e = 1.22 \times 10^{25} (cm^{-3})$$

المناقشة:

الكثافة الالكترونية المحسوبة تتوافق مع درجة الحرارة المحسوبة، حيث كليهما يقع ضمن التصنيف البلازما الناتج عن المعادن، وهذه النتائج تتوافق مع الشكل (III-8)



الشكل III.10: يوضح تصنيف البلازما. [37]

خلاصة عامة:

لقد تمكنا في هذه الدراسة من تحديد العناصر المشعة المكونة للعينة الصلبة المتمثلة في عنصر النحاس وذلك انطلاقا من تحليل أطيف النحاس الناتجة عن التسامي بالليزر باستخدام تقنية LIBS ويتطلب هذا العمل إلى تقسيم المذكورة إلى ثلاثة فصول فقد قمنا خلال الفصل الأول بعرض شامل حول حالات المادة بما فيها الحالة الربعية المتمثلة في البلازما وأهم خصائصها، كما قمنا بتعريف ظاهرة التسامي، كما قمنا كذلك بتعريف لليزر وأنواع لليزر وخصائصه وعرضنا في الفصل الثاني الأطيف الذرية والتعريضات الممكنة وأسبابها وفي الفصل الثالث قمنا بشرح التركيب التجريبي الذي تم من خلاله تسجيل الأطيف التجريبية الناتجة عن التسامي مادة النحاس بالليزر وبعدها عرضنا النموذج الرقمي والطريقة الطيفية التي تمكنا من خلالها استنتاج الأطيف النظرية وكذا حساب كل من درجة الحرارة والكثافة الالكترونية للوسط وكانت النتائج المتحصل عليه مقبولة حيث أن درجة الحرارة الالكترونية المحسوبة هي ضمن المجال البلازما المخبرية المتفق عليها كما أن الكثافة الالكترونية تمكنا من حسابها بتطبيق قانون ساها تبين أن البلازما المتحصل عليها عن طريق تسامي مادة النحاس بالهواء ضعيفة التأين وتدخل ضمن تصنيف بلازما المعادن المتفق عليها.

- [1] باسل هاشم الصدردود، رشيد سلمان، حمزة عبد الحسين، خالد عيسي العاني، الديناميك الحرارية.
- [2] بن شرودة حورية، دراسة الاطياف الناتجة عن بلازما تسامي للنكل بالليزر مذكرة ماستر أكاديمي جامعة قا صدي مرياح ورقلة 2016/05/24.
- [3] وليد مصطفى صهيوني مقدمة في فيزياء البلازما سلطنة عمان جوان 2006.
- [4] فرانسيس اجنكز هوابت، "اساسيات بصرية"، الدار الدولية للنشر 1983
- [5] دكتور جمال جابر مصطفي، "نبذة مختصرة عن فيزياء البلازما وتطبيقاتها"، المكتبة الأكاديمية.
- [6] إسماعيل شيحي، "حساب دوال الحقل الكهربائي الموضوعي ومشتقاتها داخل البلازما باستخدام المحاكاة العددية مونتي كارلو وتطبيقاتها على طيف الهليوم"، رسالة دكتورا دولة، جامعة منتوري قسنطينة 2015.
- [7] قريشة سليمة، "مساهمة في دراسة توزيعات المشتقات الفضائية للحقول الكهربائية الموضوعية في البلازما"، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في فيزياء الاشعاع البلازما.
- [8] قريشة سليمة، "إستخدام نموذج توزيع المشتقات الفضائية للحقول الكهربائية الأيوني الموضوعي في البلازما"، أطروحة دكتوراه علوم في الفيزياء 2013.
- [9] GUEDDA EL Habib, « contribution à l'étude des structures atomiques et processus élémentaires dans les plasmas : Applications aux hydrogénites et aux héliumoides », Univ Annaba, 2006
- [10] د- غازي ياسين القيسي "أساسيات البصريات والليزر"، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.

[11] رشيد سيو لليزر وطاقته العالية

http://www.ncd.sy/upload/projects/project_file_153.pdf/30

[12] سعود بن حميد اللحياي، "الليزر وتطبيقاته"، كلية العلوم، جامعة أم القرى .

[13] محمد يوسف الشيخ يوسف، "دراسة اللوحات الفنية باستخدام تقنية أطيف البلازما المستحثة بالليزر

"، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا كلية الدراسات العليا أبريل 2017.

[14] H.haken, « laser light dynamics », Sadhana, volume2, Institute for Theories Physical, North Holland 1985.

[15] محمد كوسا، "فيزياء الليزر وتطبيقاته" أستاذ مساعد في قسم الفيزياء جامعة دمشق (2006/2005) .

[16] د يوسف مولود حسن، صالح مصطفى الاتروشي، "تقنيات الليزر واستخداماته"، كلية الهندسة جامعة

دهوك 2008.

[17] عدي عطا حمادي، "مرجع أساسيات الليزر وتقنياته"، لطلبة الدبلوم الفني في الاتصالات (2004).

[18] دورة تدريبية حول محاكاة مونتى كارلو العملية القياس الإشعاعي المطيافي بهدف المعايرة وإصلاح كفاءة

القياس 08-12/6/2015 تونس

[19] سميحة بضيف، "دراسة تركيب الجزئي للرمل كثنان منطقة ورقلة باستخدام مطيافية الامتصاص ما تحت

الحمراء وحيود الأشعة السينية"، ماستر فيزياء جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2012

[20] <https://www.alfreed-ph.com> 12:09-19/05/2018 موقع الفريد في الفيزياء

[21] الدكتور غازي ياسين القيسي دكتور المملكة المتحدة ريدنك ، "اساسيات الفيزياء الحديثة " ، بيانات النشر

المسيرة للنشر والتوزيع

[22] 1-M.Carnes etal (2009) AStablet et raalky complese of Nickel (IV.
"(Angewandte chemie International Edition 3384.48doi M0.1002 anie 200804435

[23] A.Dinklage .Tklinger .GMark.l.Schweikhard .plasma physic Springer .Berlin
2005

[24] <http://www.encyco.blogs.com>,14:30 19/04/ 2018

[25] F.Khelfaoui : « Cour de Master Physique du rayonnement » , Univ Ouargla,
2012 – 2013.

[26] W.Demtröder, Atoms Molecules and photons, Springer – Verlag , 2006,
Berlin Heidelberg.

[27] Moussa O. cheibetta, contribution à la théorie d'élargissement des raies
Spectrales émise par les plasma : Application la raie Ly- α de L'atome de
l'hydrogène, Doctorat de 3 éme cyle, Université cheikh AntaDiop de Dakar-
Sénégal,2004 .

[28] <http://www.hazemsakeek.net/ar/11.3023/04/2018>

[29] صالح مصطفى الاتروشي رياض وديع يوسف ، " الليزر وأسسّه واستخداماته" ، ، جامعة دلهوك

طبعة 2008م

[30] <http://mawdoo3.com> 13/05/2018 11 :13

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

<http://www.saaa-sy.org>,13:26,19/05/2018

[32] 1Dr. MOHAMMED S.MAHDE, "Diagnostic study of copper plasma in air by laser induced breakdown spectroscopy(LIBS)",JUTB, 2015.

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

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

[35] NIST (nist.gov/pml/atomic-spectra-database).

[36] د.شفاء مجيد جاسم و علي شاهين سعيد الزبيدي، " الفيزياء " ،جمهورية العراق .

[37]Benmebrouk Lazhar,These de doctorat, université kasdi marbah ou ourgla, 2015.

ملخص:

في هذه المذكرة تمكنا من تحديد درجة حرارة بلازما النحاس بالهواء وكذا الكثافة الالكترونية للوسط الناتج انطلاقا من دراسة الأطياف الناتجة عن البلازما المتشكلة إثر التسامي بالليزر وبناءا على هذا تم شرح وتوضيح التركيب التجريبي الذي من خلاله تحصلنا على الأطياف التجريبية المتعلقة بالنحاس تم التطرق للنموذج المتبع من اجل تحديد العناصر المشعة، حيث يعتمد هذا النموذج على معادلات التوازن الترموديناميكي ومعطيات الفيزياء الذرية . وكانت درجة الحرارة الالكترونية للوسط (3.26 eV) وكذا الكثافة الالكتروني. ($1.22 \times 10^{26} \text{ cm}^{-3}$) ضمن التصنيف المعتمد للبلازما المخبرية الناتجة عن المعادن.

الكلمات المفتاحية: التسامي، البلازما، الليزر، الاطياف الذرية، النحاس

Résumé:

Dans cette mémoire, nous avons déterminé le temperature électronique et la densité électronique de notre milieu, ce milieu est résultant d'ablations de cuivre par laser dans l'air. La méthode de diagnostique est basée sur l'étude les spectres expérimentaux résultants de la technique de LIBS. Notre modèle de diagnostique est basé aussi sur un calcul numérique, nous avons calculé les spectres théoriques ils sont en bon accord avec les spectres expérimentales.

Mots-clés: sublimation, plasma, laser, spectres atomiques, cuivre