مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الأساسية المجلد (21) العدد (8) 1999
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Basic Science Series Vol. (21) No (8) 1999

استخدام الدراسة الطيفية في تعيين كل من درجة حرارة بلازما Plasma الكادميوم وتركيز عناصرها الماصة من أجل قيم مختلفة لفرق الكمون المطبق، باستخدام أشعة الليزر.

الدكتور عاطف الجندي*

(ورد إلى المجلة في 1998/9/24، قبل للنشر في 1998/12/8)

☐ الملخّص ☐

يعالج هذا البحث موضوعين أساسين هما:

1- دراسة تغير شدة الخطوط الطيفية في بلازما الكادميوم (لمبة الكادميوم)، مع تغير فرق الكمون المطبق. هذا بالإضافة إلى دراسة الأطياف الناتجة واستخدامها في دراسة تغير درجة حرارة بلازما الكادميوم مع تغير فرق الكمون المطبق وإثبات حصول التوازن الترموديناميكي الموضعي (E.T.L) في هذه البلازما.

2- دراسة تغير المقدار $\log I_0/I$ لاشعاع الليزر He-Ne من خلال البلازما، وهذا بالتالي يؤدي إلى إعطاء فكرة عن تغير تركيز العناصر الماصة في البلازما مع تغير فرق الكمون المطبق.

عند دراستنا لتغير شدة الخطوط الطيفية في بلازما الكادميوم مع تغير فرق الكمون المطبق، وجدنا أن هذه الشدة تتغير بشكل خطي مع تغير فرق الكمون المطبق.

أما عند دراسة تغير قيمة المقدار $\ln\left(\frac{\varepsilon\lambda^3}{g_m F_{mn}}\right)$ مع تغير قيمة طاقة التهيج E (Energie d' excitation) حصلنا على خط مستقيم مما يدل على وجود توازن ترموديناميكي موضعي (E.T.L.) محقق في بلازما الكادميوم المدروسة. وكذلك من ميل هذا الخط المستقيم استطعنا أن نعين درجة حرارتها وبنفس الأسلوب استطعنا أن نحصل على درجة حرارة بلازما الكادميوم من أجل جميع فروق الكمون المطبقة. وبدراستنا لتغير درجة حرارة بلازما الكادميوم مع تغير فرق الكمون المطبق وجدنا أن درجة الحرارة تتناقص بشكل أسي مع زيادة فرق الكمون المطبق.

لكن عند دراستنا لتغير قيمة المقدار $\log\left(\frac{I_0}{I}\right)$ (الامتصاصية A) وجدنا أنه يزداد بشكل أسي مع زيادة فرق الكمون المطبق وكذلك الأمر بالنسبة لتركيز العناصر الماصة.

* أستاذ مساعد في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية سلسلة العلوم الأساسية المجلد (21) العدد (8) 1999
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Basic Science Series Vol. (21) No (8) 1999

Utilisation d'étude spectrale pour déterminer la température de plasma à cadmium et la concentration de ses élements absorbants en fonction de tension appliquée en utilisant le rayon Laser

Dr. Atef ELJOUNDI*

(Reçu le 24/9/1998, Accepté le 8/12/1998)

❐ RÉSUMÉ ❐

Cet article étudie les deux sujets fondamantaux suivants:
1- Etude du changement de l'intensité des rais spectraux dans un Plasma a` cadmium (Lampe Cd) en fonction de la tension appliquée, ainsi que l'étude des spectres obtenus et leur utilisation pour déterminer la température électronique dans le plasma Cd pour chaque condition, et l'étude du changement de la température en fonction de la tension appliquée. Nous avons constaté que l'(E.T.L) est réalisé dans le plasma Cd.
2- Étude du changement de la valeur du log I_0/I en utilisant le rayon Laser He-Ne , ce qui donne une idée du changement de la concentration des éléments absorbés en fonction de la tension appliquée.

Quand nous avons étudié le changement de l'intensité des rais spectraux de plasma à cademium avec le changement de la tension appliquée, nous avons trouvé que cette intensité change d'une façon linéaire avec le changement de la tension appliquée.

Mais quand nous avons fait l'étude de variation de la valeur de $\ln\left(\frac{\varepsilon\lambda^3}{g_m F_{mn}}\right)$ *avec le changement de la valeur d'énergie (E), nous avons obtenu une ligne droite qui prouve que l'equilibre thermodynamique local (E.T.L.) est réalisé dans le plasma à cadmium, et à partir de sa pente nous avons obtenu la température de plasma à cadmium, et de la même façon nous avons obtenu la température de plasma à cadmium pour toutes les tensions appliquées. En étudiant le changement de la tempérarture de plasma à cadmium avec le changement de la tension appliquée, nous avons trouvé que cette tempérarture décroît exponentiellement avec la croissance de tension appliquée.*

Quant à l'étude de changement de la valeur de $A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$ *(A: Absorbance), nous avons trouvé que cette valeur, ainsi que la concentration des élements absorbants, croit exponentiellement avec la croissance des tensions appliquées.*

* Maître de Conférences, Département de Physique, Faculté des Sciences, Université de Tichrine, Lattaquié, Syrie.

مقدمة:

لقد ظهرت كلمة بلازما في الفيزياء لأول مرة عام 1920 للدلالة على غاز ناقل، وكان ذلك على يدي لانغمویر (Langmuir) وتونك (Tonks)، وتعرف البلازما بأنها غاز متأين يحتوي على عدد هائل من الذرات التي فقدت إلكتروناً أو أكثر من إلكتروناتها وأصبحت بذلك شوارد (ions) موجبة. إذن بشكل عام يمكن القول بأن البلازما عبارة عن مزيج غازي يحتوي على إلكترونات وشوارد موجبة وذرات مهيجة (excités) وذرات (أو جزيئات) معتدلة، لذلك ينظر إلى الشمس والنجوم كتجمع هائل لبلازما ساخنة، كما أن الطبقة الخارجية من الغلاف الجوي (Atmosphere) المحيط بالأرض والمسماة الايونوسفير (Ionosphere) تتألف من البلازما، والبلازما تؤلف الحالة الرابعة للمادة إضافة إلى الحالات الثلاث (الصلبة، السائلة، الغازية).

إن كل عمليات الانفراغ الغازي في الحقيقة تحتوي على البلازما. وتحتل دراسة البلازما أهمية كبرى، وذلك لإمكانية الاستفادة منها في النواحي العملية وأول ما جذب إليها الانتباه هو كونها ناقلاً متميزاً للتيار الكهربائي ومنبعاً للضوء، ومصدراً للطاقة الحرارية.

إن أهمية البلازما لا تأتي فقط من تطبيقاتها المختلفة وإنما أيضاً لأنها مجموعة من الجسيمات يتفاعل بعضها مع بعض، فينشأ بينها قوى تجاذب أو تدافع بحسب قانون كولون في الكهرباء الساكنة وأحد الأهداف الأساسية لدراسة البلازما هو معرفة آلية العمليات المختلفة التي يمكن أن تظهر فيها.

*** قياس درجة الحرارة:**

منذ نهاية الخمسينات من هذا القرن، تطورت في المخابر نماذج مختلفة من البلازما، سمحت بالوصول إلى درجات حرارة من مرتبة 10^4 K°. إن تقنيات مختلفة لمجموعة من الباحثين [1,2,3] طورت لقياس درجة حرارة البلازما، وكذلك كثافتها.

يقال إنه يوجد توازن ترموديناميكي موضعي (E.T.L.) إذا كانت هناك مجموعة من السويات الطاقية قريبة من بعضها البعض، ولها درجة الحرارة نفسها.

إن اعتمادنا على الباحثين[4,5]، وفي حالة التوازن الترموديناميكي الموضعي (E.T.L)، يمكننا من كتابة العلاقة التي تعطي شدة الخط الطيفي (ε) ذي الطول الموجي (λ):

$$\varepsilon = F_{mn}\, g_m (\frac{1}{\lambda})^3\, e^{-E/KT} \qquad (1)$$

حيث: g_m: الوزن الإحصائي لسوية الطاقة m.

F_{mn}: احتمالية الانتقال من سوية الطاقة m إلى السوية n.

k: ثابت بولتزمان.

T: درجة حرارة البلازما المطلقة.

وبإعادة ترتيب العلاقة السابقة يمكننا كتابتها على الشكل التالي:

$$\frac{\varepsilon \lambda^3}{F_{mn}\, g_m} = e^{-E/KT} \qquad (2)$$

بأخذ لوغاريتم طرفي العلاقة (2) نحصل على العلاقة الاساسية التالية:

$$L_n\left(\frac{\varepsilon\lambda^3}{F_{mn}g_m}\right) = -\frac{E}{KT} \qquad (3)$$

إذا درسنا تغير $Ln\left(\frac{\varepsilon\lambda^3}{F_{mn}g_m}\right)$ بدلالة (E) وحصلنا على منحنٍ بدلاً من الحصول على خط مستقيم فهذا يعني أن التوازن الترموديناميكي الموضعي (E.T.L) غير محقق في البلازما المدروسة.

دراسة الامتصاص في البلازما:

من أجل ملاحظة ظاهرة الامتصاص الذري، نحتاج إلى ثلاثة أشياء أساسية هي:

1- منبع لإصدار الضوء (S.L.)، وهو عبارة عن ليزر He-Ne.

2- منبع الذرات (S.A)، وهي البلازما في دراستنا هذه.

3- مجموعة أجهزة لقياس الشدة الضوئية الصادرة ونرمز لها بـ D، إذن يمكن التعبير عما سبق بما يلي:

$$S.L. \xrightarrow{I_0} (S.A) \xrightarrow{I} D$$

إن العلاقة الرياضية الفيزيائية التي تربط بين الشدة (I_0) للشعاع الليزري قبل سقوطه على البلازما، و (I) شدته بعد خروجه منها، تُكتب على الشكل التالي[6]:

$$A = \log\frac{I_0}{I} = K_s.l.c \qquad (4)$$

حيث:A: الامتصاصية و K_s: معامل الامتصاص الخاص بالوسط.

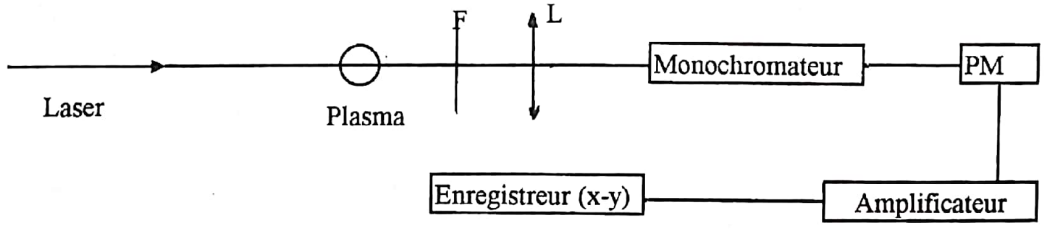
l: طول الوسط الماص [طول مسار الضوء في الوسط الماص (البلازما)].

c: تركيز الوسط بالعناصر الماصّة التي تتكون من ذرات حرة وشوارد.

الأجهزة المستخدمة:

إن الأجهزة التي استخدمت في إنجاز هذا العمل موضحة في الشكل (1)، وهي:

- منبع ضوئي (S.L.)، وهو ليزر He-Ne استطاعته 5mw.
- لمبة الكادميوم (Cd) وتعطي الأطوال الموجية الموضحة في الأشكال (2،3،4،5).
- محلل الطيف (أو وحدة فصل الأطوال الموجية) (Monochromateur).
- عدسة مقربة F=150mm.
- عدّاد الفوتونات (Photomultiplicateur).
- مسجل – (x-y) – Enregistreur.



الشكل (1): مخطط يوضح الأجهزة المستخدمة.

* **النتائج والمناقشة:**

لقد تم أولاً الحصول على أطياف لمبة الكـــاديوم – بعد أن تركناها تعمل لمدة نصف ساعة – وكان ذلك من أجل الكمونات التالية: (160, 175, 190, 205, 220, 235, 250) Volts

ومـــن أجـــل فتحة للمحلل الطيفي مساوية إلى 0,25mm.

وبعد أن حصلنا على الأطياف السابقة الذكـــر قمنا بدراستها، وأعطينا لكل خط طيفي الطـــول الموجـــي الموافق، ويظهر ذلك على الأشكال التي اخترناها كنماذج، وهي الأشكال (2, 3, 4, 5). وتم اختيار الأشكال السابقة لكي نستطيع إجراء مقارنة بينها، حيث إن الشكلين الـــثاني والـــثالث لهما نفس الشروط، باستثناء فـــرق الكمون المطبق وكذلك الرابع والخامس لهما الشروط نفسها أيضاً ما عدا فرق الكمون المطـــبق وبمقارنتنا الشكلين الثاني والثالث مع بعضهما، وكذلك الرابع والخامس مع بعضهما أيضـــاً، وجدنا أن شدة الخطوط الطيفية بشكل عـــام تـــزداد مع زيادة فرق الكمون المطبق، ويعـــلل السبب في زيادة شدة الخطوط الطيفية بازدياد فرق الكمون، المطبق كما يلي: تكتسب الالكـــترونات والشـــوارد في بلازما الكاديوم طاقـــة حـــركية نـــتيجة تطـــبيق فرق الكمون وتصطدم بالذرات والشوارد فتؤدي إلى تهييج عـــدد من الذرات فتنتقل إلى سوية طاقة أعلى وبالعودة إلى وضعها الطبيعي تصدر الخطوط الطيفية، وكلما زاد فرق الكمون المطبق زادت الطاقـــة الحـــركية للالكـــترونات والشـــوارد، وبالـــتالي فإنها تستطيع تهييج ذرات أكثر مما يؤدي إلى زيادة شدة الخطوط الطيفية. ثم أخذنا الشـــدات الطيفية لكافة الخطوط الطيفية، ومن أجـــل جميع قيم فروق الكمون المطبق والنتائج التي حصلنا عليها مدونة في الجدول (1).

جدول (1): شدة الخطوط الطيفية لبلازما الكاديوم من أجل قيم مختلفة لفرق الكمون المطبق.

V(volt) / I_{mv}	160	175	190	205	220	235	250
I_{2706}	21,2	24,8	29,8	34,75	38,5	46,0	47,25
$I_{2880,6}$	0,5	0,6	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75
I_{2980}	1,5	1,7	2,2	2,5	3,0	4,0	4,0
I_{3119}	1,5	1,9	2,2	2,75	3,0	4,25	4,25
I_{4327}	0,5	0,6	0,9	1,0	1,25	1,75	2,0
I_{4473}	1,1	1,4	1,9	2,25	2,75	4,25	4,13
I_{4800}	1,0	1,2	1,5	2,0	2,25	3,25	3,5
$I_{6438,5}$	0,7	0,9	1,1	1,5	1,625	1,75	1,875

وبعـــد ذلـــك قمـــنا باخـــتيار بعض الخطوط الطيفيـــة، والـــتي هـــي (2880.6, 2980.0, 4800.0, 6438.5A°)، حيـــث إنـــنا بالاعتماد على [7, 8] استطعنا الحصول على المعطيات الطيفيـــة الخاصـــة بالكاديوم للخطوط الطيفية الأربعـــة السابقة وذلك من أجل استخدامها في حســـاب درجة حرارة بلازما الكاديوم. وهذه المعطيات مدونة في الجدول (2).

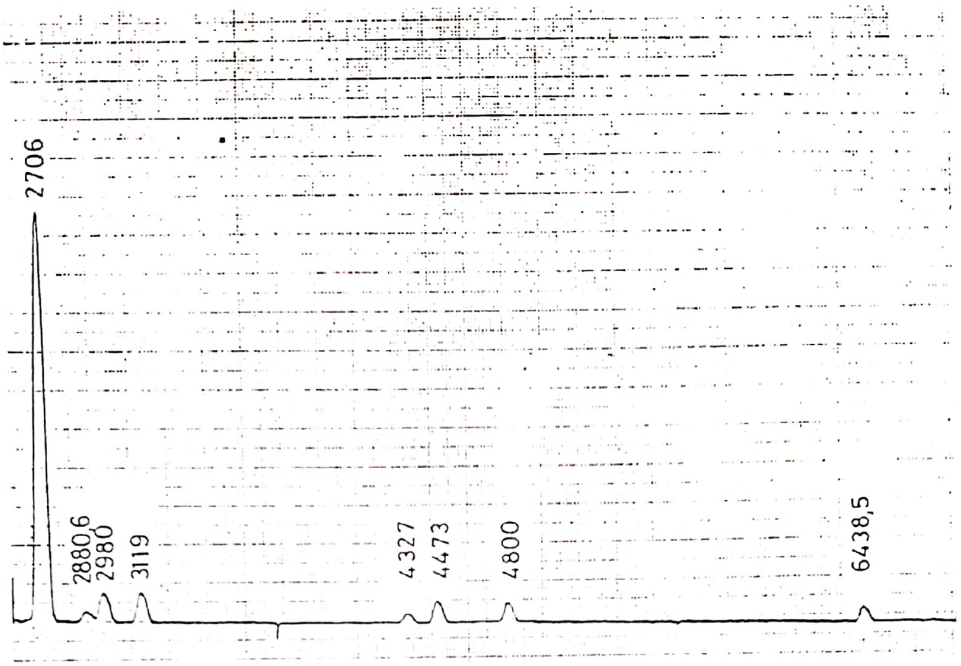
الجدول (2): المعطيات الطيفية لبعض خطوط الكادميوم.

$\lambda(A^o)$	E_{eV}	g_m	$F_{mn}.10^8 s^{-1}$	Transition
2880,6	8,1045	5	0,42	$5P^3P_1$-$6d^3D_2$
2980,0	8,1055	7	0,59	$5P^3P_2$-$6d^3D_3$
4800	6,3840	3	0,41	$5P^3P_1$-$6S^3S_1$
6438,5	7,3433	5	0,59	$5P^1P_1$-$5d^1D_2$

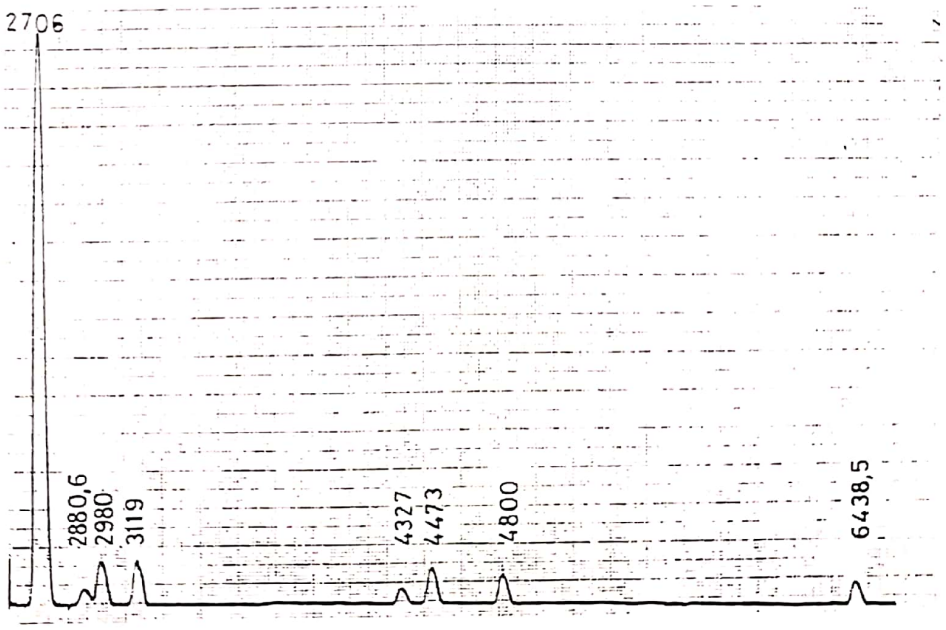
بالاعـــتماد على الجدول (1) استطعنا أن نرسم التغير المتزايد للشدة الطيفية للخطوط الأربعـــة الســـابقة الذكـــر بدلالة فرق الكمون المطبق كما هي مبينة في الشكل (6).

أمـــا بالنســـبة لدرجة حرارة البلازما (T) فتحسب كما يلي:

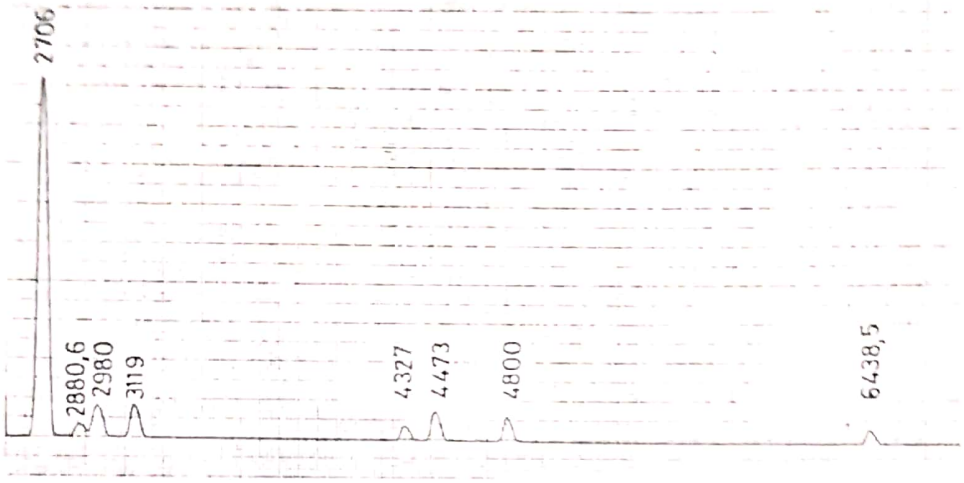
اعـــتماداً على الجدولين الأول والثاني توصلنا إلى الجـــدول (3) بعد حسلبات $\ln\left(\frac{\varepsilon\lambda^3}{g_m F_{mn}}\right)$، ومـــن هـــذا الجدول استطعنا أن ندرس تغير $\ln\left(\frac{\varepsilon\lambda^3}{g_m F_{mn}}\right)$ بـــتابعية الطاقة (E) بالنسبة إلى جميع حالات فروق الكمون المطبقة، علماً بأن E تمثل طاقة التهيج وترتبط بطول موجة الخط الطيفي وفق العلاقة (3). ثم أعطينا مثالاً على ذلـــك حالة فرق الكمون (V=205volts)، كما هـــو موضـــح على الشكل (7)، والنتائج التي حصلنا عليها من أجل جميع الحالات مبينة في الجـــدول (4)، كمـــا يبين الشكل (8) المنحنى الـــبياني الذي يمثل تغير درجة حرارة البلازما بالدرجات المطلقة بتابعية فرق الكمون.



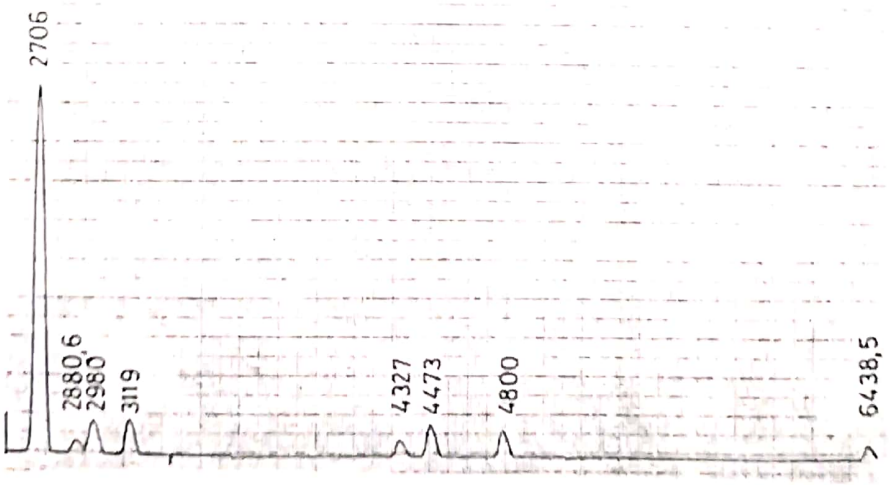
الشكل (2): طيف بلازما الكادميوم من أجل كمون 160Volts و cal.=2mV/cm.



الشكل (3): طيف بلازما الكادميوم من أجل كمون 190Volts و cal.=2mV/cm.



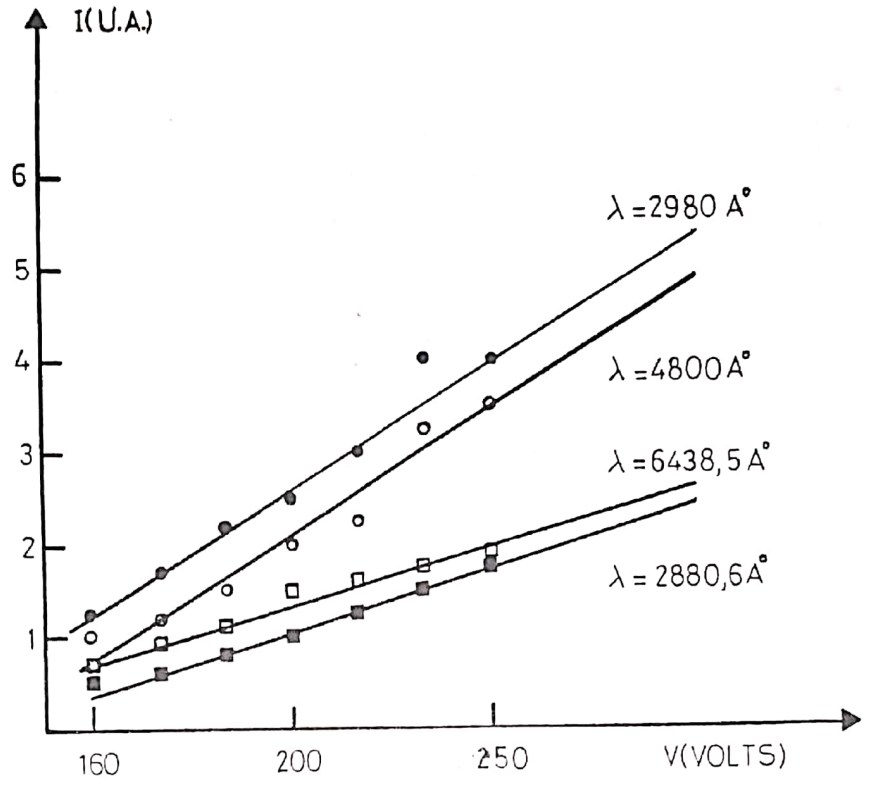
الشكل (4): طيف بلازما الكادميوم من أجل كمون 235Volts و cal.=5mV/cm.



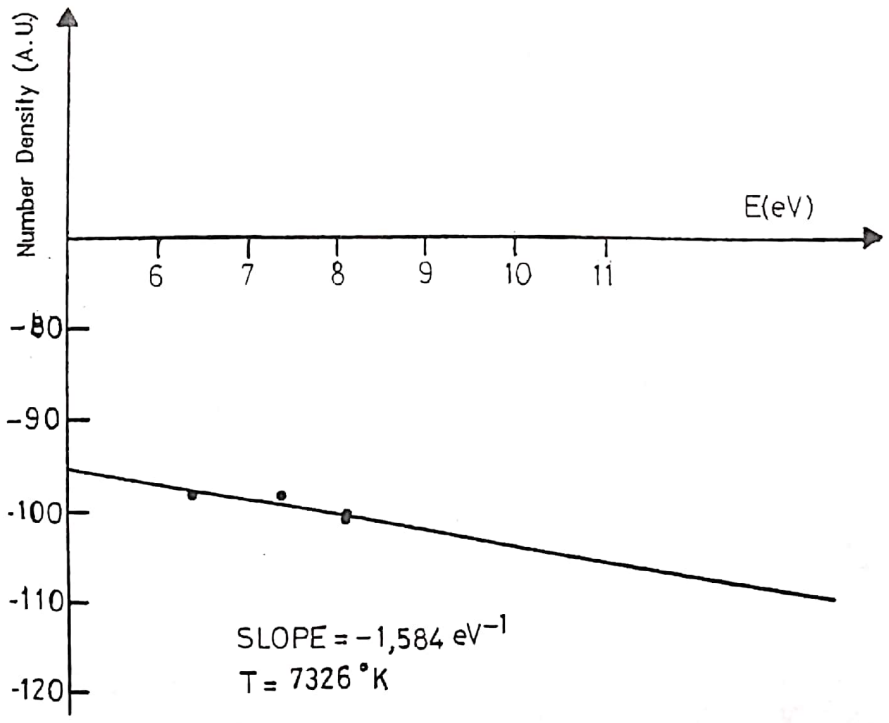
الشكل (5): طيف بلازما الكادميوم من أجل كمون 250Volts و cal.=5mV/cm.

الجدول (3): يمثل تغيير $\ln\left(\frac{\varepsilon\lambda^3}{g_m F_{mn}}\right)$ بتابعية طاقة التهيج E بالنسبة إلى جميع حالات فرق الكمون المطبق.

فرق الكمون المطبق	$\lambda(cm).10^{-4}$	$\varepsilon(V).10^{-3}$	$\varepsilon(eV)10^{-22}$	$E\ (cm)^{-1}$	$E(eV).10^{-4}$	$F_{mn}(s^{-1}).10^{8}$	g_m	$\ln\left(\frac{\varepsilon\lambda^3}{g_m F_{mn}}\right)$
160Volts	0,28806	0,5	0,8	65359	81045,2	0,42	5	-101,41
	0,2980	1,5	2,4	65367	81055,1	0,59	7	-100,88
	0,4800	1,0	1,6	51484	63840,2	0,41	3	-98,65
	0,64385	0,7	1,12	59220	73432,8	0,59	5	-99,0
175Volts	0,28806	0,6	0,96	65359	81045,2	0,42	5	-101,23
	0,2980	1,7	2,72	65367	81055,1	0,59	7	-100,76
	0,4800	1,2	1,92	51484	63840,2	0,41	3	-98,47
	0,64385	0,9	1,44	59220	73432,8	0,59	5	-98,75
190Volts	0,28806	0,8	1,28	65359	81045,2	0,42	5	-100,94
	0,2980	2,2	3,52	65367	81055,1	0,59	7	-100,50
	0,4800	1,5	2,4	51484	63840,2	0,41	3	-98,24
	0,64385	1,1	1,76	59220	73432,8	0,59	5	-98,55
205Volts	0,28806	1,0	1,6	65359	81045,2	0,42	5	-100,72
	0,2980	2,5	4,0	65367	81055,1	0,59	7	-100,37
	0,4800	2,0	3,2	51484	63840,2	0,41	3	-97,96
	0,64385	1,5	2,4	59220	73432,8	0,59	5	-98,24
220Volts	0,28806	1,25	2,0	65359	81045,2	0,42	5	-100,49
	0,2980	3,0	4,8	65367	81055,1	0,59	7	-100,19
	0,4800	2,25	3,6	51484	63840,2	0,41	3	-97,84
	0,64385	1,63	2,61	59220	73432,8	0,59	5	-98,15
235Volts	0,28806	1,5	2,4	65359	81045,2	0,42	5	-100,31
	0,2980	4,0	6,4	65367	81055,1	0,59	7	-99,90
	0,4800	3,25	5,2	51484	63840,2	0,41	3	-97,47
	0,64385	1,75	2,8	59220	73432,8	0,59	5	-97,95
250Volts	0,28806	1,75	2,8	65359	81045,2	0,42	5	-100,16
	0,2980	4,0	6,4	65367	81055,1	0,59	7	-99,90
	0,4800	3,5	5,6	51484	63840,2	0,41	3	-97,40
	0,64385	1,88	3,0	59220	73432,8	0,59	5	-98,01



الشكل (6): تغير شدة الخطوط الطيفية مع تغير فرق الكمون المطبق في بلازما الكادميوم.



الشكل (7): حساب درجة حرارة البلازما من نموذج (.E.T.L).

الجدول (4): يوضح تغير درجة حرارة بلازما الكادميوم.

V(Volts)	160	175	190	205	220	235	250
T(°K)	8003	7910	7652	7326	7620	7249	7308

نلاحظ أن الشكل (7) الذي يدرس تغير $\ln\left(\frac{c\lambda^3}{g_m A'_{mn}}\right)$ بتابعية (E) هو عبارة عن خط مستقيم، مما يدل على أن التوازن الترموديناميكي الموضعي (L.T.E.) في بلازما الكادميوم محقق. ونلاحظ أيضاً من الشكل (8) أن درجة حرارة بلازما الكادميوم تتناقص بشكل أسي مع ازدياد فرق الكمون المطبق.

من أجل دراسة تغير تركيز العناصر الماصّة في بلازما الكادميوم، بدلالة تغير فرق الكمون المطبق، لا بد من استخدام منبع ضوئي ممكن امتصاصه - وهو في حالتي شعاع الليزر He-Ne - ومعرفة شدته I_0 قبل دخوله البلازما و I بعد خروجه منها وذلك من أجل دراسة تغير المقدار $A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$ لأن هذا المقدار مرتبط بشكل واضح من العلاقة (4) بالتركيز (C)، والذي هو تركيز العناصر الماصّة، و K_ν و l ثابتان خلال التجربة، وبالتالي فإن تغير المقدار $\log\left(\frac{I_0}{I}\right)$ بدلالة فرق الكمون المطبق يعبر عن تغير (C) مع فرق الكمون المطبق.

إن الشكل (9) يعطينا الشدة I_0 للشعاع الليزري He-Ne - أي بدون وجود البلازما - بينما الشكل (10) يعطينا الشدة I للشعاع الليزري He-Ne بعد عبوره البلازما ومن أجل فرق كمون مختلف. والنتيجة معطاة بالجدول (5)، بشكل يكفي لدراسة تغير $\log\left(\frac{I_0}{I}\right)$ بدلالة فرق الكمون المطبق، والموضحة في الشكل (11).

نلاحظ من الشكل (9) أن الشدة I_0 تساوي إلى (9,9U.A.)، حيث U.A. ترمز إلى وحدة اختيارية.

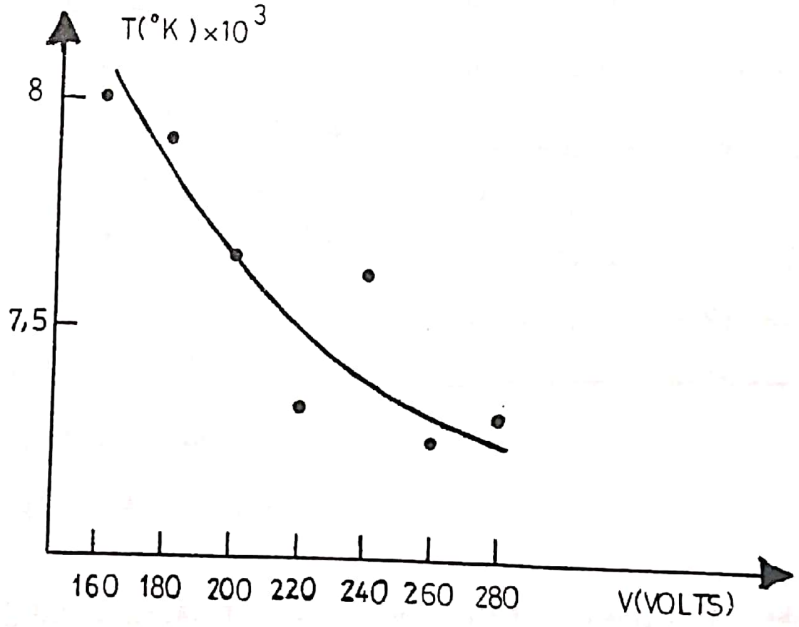
الجدول (5): يوضح تغير I وكذلك $\log\left(\frac{I_0}{I}\right)$ بدلالة فروق الكمون المطبقة المختلفة.

V(Volts)	160	175	190	205	220	235	250
I(U.A.)	8,8	8,7	8,45	8,5	8,3	8,0	7,6
I_0/I	1,125	1,138	1,172	1,165	1,193	1,238	1,303
$\log(I_0/I)$	0,051	0,056	0,069	0,066	0,077	0,093	0,115

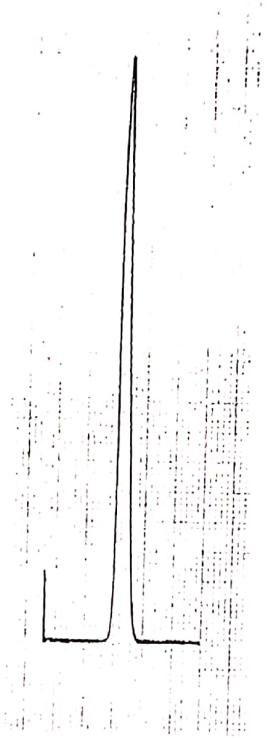
نلاحظ من الشكل (11) أن تغير تركيز العناصر الماصّة في بلازما الكادميوم يزداد أسياً مع ازدياد فرق الكمون. ويفسر ذلك بأنه عندما يزداد فرق الكمون المطبق يزداد عدد الشحنات المتأينة، وبالتالي يزداد تركيز الشوارد الموجبة التي تتوضع باتجاه الحقل الكهربائي المطبق وكذلك يزداد عدد الالكترونات الحرة التي تتوضع بالاتجاه المعاكس للحقل وعند مرور الشعاع الليزري من مناطق تجمع الشحنات يتبادل كمية كبيرة من الطاقة معها وتضعف (تقل) شدته؛ وهذا ما يفسر زيادة امتصاصية الوسط البلازمي وبالتالي زيادة تركيز العناصر الماصة بازدياد فرق الكمون المطبق.

الخاتمة:

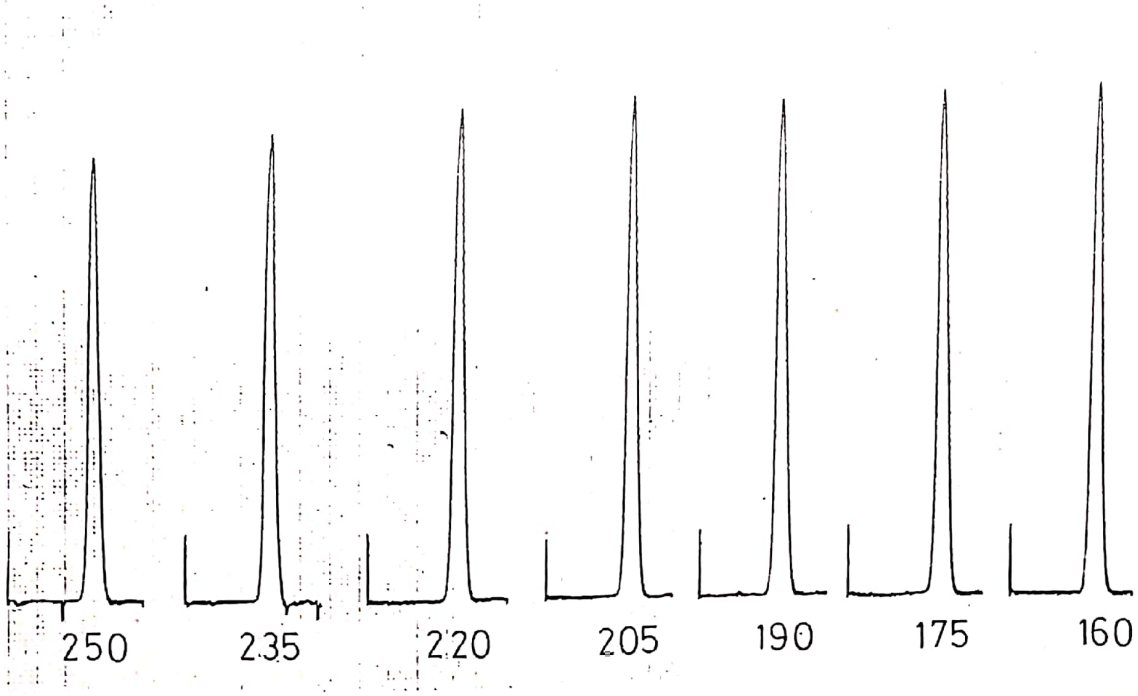
لقد تمت في هذا البحث دراسة تفصيلية لتغير درجة حرارة بلازما الكادميوم مع تغير فرق الكمون المطبق، ويتبين وجود توازن ترموديناميكي موضعي (E.T.L.) محقق في بلازما الكادميوم. كما تمت دراسة تغير تركيز العناصر الماصّة مع تغير فرق الكمون المطبق وذلك باستخدام شعاع الليزر He-Ne ذي الطول الموجي ($3328A^{o}$)، والذي يؤدي إلى نتائج تتفق مع العلاقة (4).



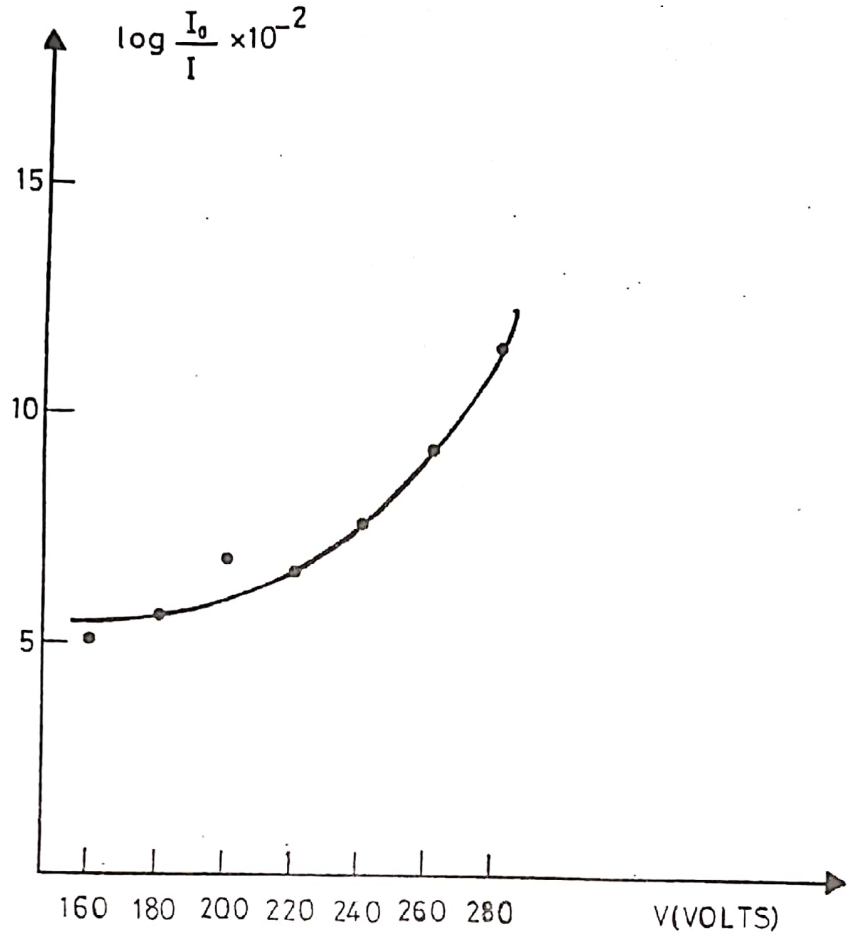
الشكل (8): تغير درجة حرارة بلازما الكادميوم مع تغير فرق الكمون المطبق.



الشكل (9): الخط الطيفي لشعاع الليزر He-Ne ذي الطول الموجي ($6328A^{\circ}$) وبدون مروره في بلازما الكادميوم.



الشكل (10): الخطوط الطيفية لشعاع اليزر He-Ne ذي الطول الموجي ($6328A^{\circ}$) بعد مروره في بلازما الكادميوم ومن أجل كمونات مختلفة.



الشكل (11): تغير قيمة المقدار $\log(I_0/I)$ مع تغير فرق الكمون المطبق على بلازما الكادميوم.

REFERENCES المراجع

[1]. Abdel Nasser A. M. , Zaki L. , and El-Nadi L. , American Institute of Physics Conference Proceedings, No. 146, New York, 576(1986).

[2]. Pei-Liang X. , Yu-Zhi W. , Yun W.F., Xi-Gang Z. , and Jong-Xing D. , Appl. Phys. Vol. 57, No. 5, 1615(1985).

[3].Yamaguchi S., Sawa G., and Leda M., Japanese J. of Appl. Phys. Vol. 26, No. 5, 728(1987).

[4]. Ismail L. Z., Atwee T. M. and El-Nadi L., Advances in low temperature plasma chemistry, Technology and Applications, San Diago, California, Vol. 4(1992)9-24.

[5]. Lotfi Z. Ismail and Atef El-Joundi, Indian Journal of Pure and Application Physics, Vol. 34, (876-879) November (1996).

[6]. W. Kemp, Organic Spectroscopy Second Edition 1987- London.

[7] K. A. Garusov, Yu. N. Novoselov, and Yu. S. Surkov, Opt. Spectrosc. 73(5), November (1992).

[8]. Hand Book Chemistry and Physics, 62nd Edition (1981-1982). C R C press, Florida.