جامعة قاصدي مـــرباح ورقلة

كلية الرياضيات و علــوم المادة

قســم الفـــــــــــــــــــيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي

مجال :علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص: فيزياء الإشعاعات

مقدمة من إعداد الطالبات :

* أسماء بلحاج *حورية دودي

بـــــعنوان :

نموذج خطوط الطيف Lyα و Lyβ لبلازما ذات مركب واحد في حالة تفاعل W.Ebelimg(الفعل الكمومي)

نوقشت يوم 2018/06/10

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

أ. بالغيثار الحاج بشراير	جامعة قاصدي مرباح – ورقلة	أستاذ مساعد – أ–	رئيسا
د.عبابسة حكيمة	جامعة قاصدي مرباح – ورقلة	أستاذ محاضر –ب–	مناقشا
د.شهرة ثورية	جامعة قاصدي مرباح – ورقلة	أستاذ محاضر – أ–	مشرفا

الموسم الجامعي : 2017-2018

شكر وعرفان

بسم الله الرحمن الرحيم

{وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُون}

سورة التوبة الآية105

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة وأعانا ووفقنا إلى إنجاز هذا العمل نتوجه بالشكر والإمتنان إلى كل من ساعدنا من قريب أو بعيد .

شكرا لكي أستاذتنا الفاضلة **شهرة ثورية** أستاذة محاضرة أ جامعة قاصدي مرباح ورقلة على وقتك الثمين الذي قدمتيه لنا على جهودك التي بذلتيها لتوجيهنا على كل ما أعطيتيه لنا فأنت لم تبخلي علينا،جزاك الله خيرا

شكرا لكم :

الأستاذة الدكتورة **عبابسة حكيمة** أستاذمحاضر-ب- قاصدي مرباح ورقلة

الأستاذ **بالغيثار الحاج بشراير** أستاذ مساعد- أ- قاصدي مرباح ورقلة

لقبولكم دعوة مناقشة وخصصتم لنا وقتا .

نتقدم بصفة خاصة للأستاذة **عبابسة حكيمة** مرة أخرى لمساعدتها لنا قي تقييم هذا العمل من بدايته حيث كان لها الفضل في إجراء بعض الحسابات, وقبل أن نمضي نشكر كل من رئاسة قسم لفيزياء وعمادة كلية علوم. نشكركم جميعا .

أسماء وحورية

إهـــداء

إلى

والدتي الغالية التي لم تأل جهدا في تربيتي وتوجيهي
إلى سبب وجودي في الحياة والدي الحبيب.
وإلى إخوتي وأسرتي جميعا
أهدي هذا العمل

دودي حورية

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

{وقالوا الحمد لله الذي هدانا لهذا وماكنا لنهتدي لولا أن هدانا الله}

سورة الأعراف. الآية43

الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات, إذا كان الإهداء يعبر ولو بجزء من الوفاء أهدي ثمرة جهدي إلي من تتسابق الكلمات معبرة عن مكنون ذاتها من كانت دعوتها سر نجاحي إلى من عندما تكسوني الهموم أسبح في بحر حنانها إلي من علمتني الصمود ودعمتني في كل أوقاتي إلى أمي ثم أمي ثم أمي رعاها الله ...

إلى من ضحى لنعيش وكافح لنتعلم إلى نبع العطاء إلي بلسم الشفاء ستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد إلى الغالي أبي أدامه الله ..

إلى من تحمل أعينهم ذكريات طفولتي إلى سندي في الحياة إخوتي حفظهم الله...

إلى من تحلوا بالإخاء وتميزوا بالوفاء إلى من يطوفون في سمائي ويمنحوني النور إلى من لايقوى قلبي على فراقهم ولاتحلوا الحياة إلا بهم إلى صديقاتي أصدقائي حمانا الله في ظل يوم لا ظل إلا ظله ...

إلى أهلي وأقاربي ..

إلي من وسعهم قلبي ولم تسعهم أسطري وعباراتي..

* بلحاج أسماء *

الـفهـــرس

فهرس الأشكال			i
فهرس الجداول			i
مقدمة عامة			1
الفصل الأول	عموميات حول البلازما		
.1.1	مقدمة		3
.2.1	لمحة تاريخية		3
.3.1	ماهية البلازما		3
.4.1	مختلف أشكال البلازما		3
	.1.4.1	البلازما الطبيعية	3
	.2.4.1	البلازما الصناعية	3
.5.1	بعض خصائص البلازما		4
	.1.5.1	التوصيل الكهربائي في البلازما	4
	.2.5.1	ذبذبات بلازما وحركة الموجة	4
	.3.5.1	التعادل الكهربائي في البلازما	5
.6.1	أهم المقادير في البلازما		5
	.1.6.1	درجة الحرارة	5
	.2.6.1	نصف قطر الكرة الإلكترونية والأيونية	5
	.3.6.1	وسيط الترابط	5
	.4.6.1	طول موجة ديبروغلي الحرارية	6
	.5.6.1	نصف قطر ديباي	6
	.6.6.1	درجة التكميم	6
.7.1	معالجة البلازما		6
	.1.7.1	نظرية التوازن	7
	.2.7.1	نظرية المدار	7

	.3.7.1	نظرية الهيدرومغناطيسية	**7**
.8.1	الخلاصة		**7**
الفصل الثاني	حساب دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري لبلازما ذات مركب واحد تفاعل باستخدام فاعل W.Ebeling		
.1.2	مقدمة		**8**
.2.2	تفاعل Kelbg		**8**
.3.2	تفاعل W.Ebeling		**8**
.4.2	التأثير الكمومي على دالة التوزيع القطرية		**9**
.6.2	التأثير الكمومي على حساب دوال توزيع الحقل الكهربائي الموضعي		**10**
.7.2	النموذج النظري		**11**
.8.2	النتائج و المناقشة		**13**
.9.2	الخلاصة		**16**
الفصل الثالث	نموذج خطوط الطيف $Ly-\alpha$ و $Ly-\beta$		
.1.3	مقدمة		**17**
.2.3	صيغة الطيفية لـ $Ly-\alpha$		**17**
.3.3	صيغة الطيفية لـ $Ly-\beta$		**18**
.4.3	النتائج و المناقشة		**18**
.5.3	الخلاصة		**20**
خلاصة عامة			**21**

فهرس الأشكال

الشكل$(2-1)$	مقارنة بين منحني تفاعل W.Ebeling وتفاعل ديباي من أجل $\eta = 0.52$ و $\Gamma = 0.1$.	14
الشكل$(2-2)$	مقارنة بين منحني تفاعل W.Ebeling وتفاعل ديباي من أجل نفس وسيط $\Gamma = 0.1$ وقيم مختلفة لـ η.	14
الشكل $(2-3)$	مقارنة بين منحني تفاعل W.Ebeling مع دالة توزيع الحقل الناتجة عن استخدام Debye تحت شروط $y_1 = \frac{r_1}{r_0}\eta = 0.8$ وقيم مختلفة Γ.	15
الشكل $(2-4)$	مقارنة لدالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري باستخدام تفاعل W.Ebeling من أجل نفس وسيط $\Gamma = 0.1$ وقيم مختلفة لـ η.	15
الشكل$(2-5)$	مقارنة لدالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري باستخدام تفاعل W.Ebeling من أجل نفس وسيط $\eta = 0.1$ وقيم مختلفة لـ Γ.	15
الشكل $(3-1)$	مقارنة بين خطي الطيف $Ly\alpha$ الناتج باستخدام تفاعل W.Ebeling وتفاعل ديباي لبلازما الهيدروجين.	19

فهرس الجداول

الجدول $(3-1)$	قيم $I_{Ly\alpha}(0)$ لتفاعل W.Ebeling وتفاعل Debye بدلالة تغير قيم الحرارة والكثافة.	18
الجدول $(3-2)$	قيم $I_{Ly\beta}(0)$ لتفاعل W.Ebeling وتفاعل Debye بدلالة تغير قيم الحرارة والكثافة.	19

مقدمة عامة

تعد البلازما من المواضيع الحديثة التي أُدرجت إلى الفيزياء في مطلع القرن العشرين، تعالج البلازما مجهرياً لكون ظواهرها تحدث على سلم صغير جداً من الأطوال تحوي عدداً ضخماً من الجسيمات لذا يتوجب معالجتها إحصائياً وكمياً لمعرفة تراكيزها ودرجات حرارتها وتحلل الأطياف الصادرة عنها كيفياً لمعرفة تشكل هذه البلازما من تلك، فهي أداة مفيدة لتشخيص حالة البلازما.

تكون أشكال الطيف الصادرة عن البلازما المعزولة خطا لا عرض له، أما إذا كانت غير معزولة أي داخل وسط مادي فإنّها تتفاعل مع بقية الجسيمات مما يجعل خطوط الطيف عريضة.هناك عدة أسباب تؤدي إلى تعريض خطوط طيف منها تأثير حقل كهربائي الستاتيكي (فعل ستارك)،حيث تؤثر الحقول الكهربائية الناشئة عن الجسيمات المشحونة في البلازما على خصائصها الضوئية و الترموديناميكية،فهي تتسبب في تعريض خطوط الطيف وانزياحها.

يوجد عدة أسباب تساهم في إعطاء الشكل النهائي للطيف الناتج أهمها: دور الجهاز، مُدة حياة المستويات. وينشأ عنها تعريض طبيعي، فعل دوبلر الموافق للحركة غير المنتظمة للجسيمات، تعريض تصادمي الناتج عن تصادم المشعات مع بقية الجسيمات المحيطة بها.أهمها فعل ستارك الذي يؤدي إلى تعريض خطوط الطيف الصادرة عن أيونات البلازما و ذراتها تحت تأثّير الحقل الكهربائي ذات تردد منخفض أو عالي ،توصف مساهمة الإلكترونات في تعريض ستارك بِاستعمال نموذج تصادمات بينما تعالج مساهمة الأيونات غالبا كشبه ساكنة [1]

لمعرفة الحقل الكهربائي مجهري ذو تردد منخفض سنعتبر البلازما مجموعة من الالكترونات مغمورة في خلفية موجبة متجانسة ومتعادلة كهربائيا.تتفاعل فيما بينها متأثرة بفعل الحجب بِاستخدام كمون فعال[2]*Debye-Hückel* ولاظهار الفعل الكمومي نستخدم صيغة كلبجي *Kelbg*. بينما لمعالجة الحقل الكهربائي الموضعي ذات تردد عالي من خلال كمون كولوم .

في الواقع هذه المذكرة هي تكملة لسلسلة من الدراسات في مخبر الإشعاع والبلازما وفيزياء السطوح التي وضعت كمواضيع للمعالجة في الماستر فيزياء الإشعاعية. ولها هدفين أساسين:

- إعادة حساب خاصية ستاتيكية مهمة وهي دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري لشائبة أيونية (مشعة) موجودة في بلازما مكونة من الالكترونات وهي بدورها مغمورة في خلفية موجبة متجانسة.
- تطبيق الحساب السابق دالة توزيع الحقل الكهربائي في حساب خطوط الطيف الستاتيكي للهيدروجين.

وكل هذه النماذج النظرية للحساب تعتمد على التفاعل بين مكونات البلازما الذي يحكمه تفاعل*W.Ebeling*الذي يعتمد على تفاعل *Kelbg* عند صفر وتفاعل ديباي في ما لا نهاية.

قسمت المذكرة إلى ثلاث فصول أساسية بالإضافة إلى المقدمة العامة، حيث نعرض في الفصل الأول عموميات حول البلازما ماهيتها، وخواصها وبعض المقادير المهمة.

في الفصل الثاني سنهتم بالتفاعل بين الشائبة والإلكترونات البلازما عند الأخذ بعين الإعتبار التأثير الكمومي عند مسافات الصغيرة ونقوم أيضا بحساب دالة التوزيع الحقل لكهربائي المجهري اعتمادا على التفاعل المقترح من طرف *W.Ebeling*.

أما الفصل الثالث نقوم بصياغة نموذج نظري لحساب الخطوط الطيفية$Ly-\alpha$ و $Ly-\beta$، انطلاقا من حساب دالة توزيعا لحقل كهربائي المجهري التي تم دراستها في الفصل الثاني مع عرض النتائج ومناقشتها.

تنتهي المذكرة بخلاصة عامة وأيضا ببعض الآفاق لهذا العمل.

الفصل الأول

عموميـــات حول البلازمـــا

1-1مقدمة

تلعب درجة الحرارة دوراً فعال في تحديد حالة المادة، عندما يسخن جسم صلب لدرجة معينة يذوب سائل وإذا رفعنا درجة الحرارة أكثر يتشكل لدينا غاز، ولكن ماذا سيحدث إذا إستمرينا في رفع درجة الحرارة ؟ إن الاستمرار في رفع درجة الحرارة يؤدي إلى تحرير إلكترون أو أكثر من الذرات ويتحول إلى غاز مؤين يتكون من جسيمات مشحونة يدعى البلازما وهي الحالة الرابعة للمادة. في هذا الفصل سنعرض عموميات حول البلازما، تاريخها، ماهيتها، أشكالها، بعض أشكالها وأهم المقادير في فيزياء البلازما.

1-2لمحة تاريخية

البلازما هي الحالة الرابعة للمادة؛ تشكل البلازما 99% من المادة الكونية.أما مصطلح البلازما فهو يوناني الأصل ويعني شيء مُكوّن وفق نظام معين [3]،إنّ أول من أطلق مصطلح البلازما هو العالم الإنجليزي كروكس عام 1879 لوصف القسم المتّأين من الإنفراغات الغازية، وقد علّل مصطلحه وفق الشكل التالي : تتحول المادة الصلبة بالتسخين إلى الحالة السائلة ثم إلى الحالة الغازية، وباستمرار عملية التسخين وعندما تبلغ الحرارة مقدار أكبر 10^6Kتتحول إلى مادة مُتَّأيِنَة تماماً، وهي الحالة الرابعة للمادة.

أدخل الفيزيائي لانغميور لِأول مرة عام 1923 مفهوم البلازما، وذلك للدلالة على حالة الغاز المتأين الموجود داخل أنبوبة الإنفراغ وفي عام 1929 وضع الفيزيائيان لانغميور و تونكس وصفاً دقيقاً لمفهوم البلازما بأنّها مائع شبه معتدل كهربائياً ومكون من جزيئات مشحونة وأخرى معتدلة وهي تسلك سلوكاً جماعياً[4].

1-3 ماهية البلازما

البلازما هي حالة الرابعة للمادة حيث يمكن و صفها ب:

1- خليط مكون من ثلاث مكونات إلكترونات حرة سالبة شحنة وأيونات موجبة و ذرات أو جزيئات معتدلة كهربائياً[5].

2-غاز متأين يحوي عددا كبير أو كافيا من جسيمات مشحونة تحجب نفسها إلكتروستاتيكيا عند مسافة صغيرة[6].

3-تَجمُع لجسيمات متأينة، تتفاعل جماعيا بالقوى الكهرومغناطيسية بعيدة المدى والمرتبطة بشحناتها وحركاتها[7].

1-4 مختلف أشكال البلازما

1-1-4 البلازما الطبيعية

حيث متوسط الطاقة الحركية الحرارية لمكوناتها يفوق متوسط الطاقة الكهربائية المتبادلة بين جسيماتها وهي نوعان:

البلازما طبيعية كونية

تُمثل البلازما الطبيعية الكونية النسبة الكبيرة في هذا الكون، كالبلازما الموجودة على سطح الشمس التي درجة حرارتها $5700\ K$، أمابلازما مركز الشمس فدرجة حرارتها $17 \times 10^6 K$، وأيضا البلازما على سطوح النجوم درجة حرارتها $10^4 K$، بينما تقدر البلازما في جوف النجوم بـ $10^7 K$ بالإضافة إلى بلازما الرياح الشمسية.

البلازما طبيعية أرضية

تحدث على مستوى كوكب الأرض تمثل نسبة أقل من سابقتها من أمثلتها البلازما الموجودة في غلاف جو الأرض و المعروفة باسم الكرة المتأيّنة (الأينوسفير)، البرق، الصواعق.

4-1-2 البلازما الصناعية

البلازما نادرة جدا في محيطنا القريب، لذا لجأ الإنسان لتوليدها صناعيا فالغاز في مصابيح التألق البلازما، القوس الكهربائي المستخدم في عمليات اللحام، الاندماج النووي. ويمكنُنّا تمييز ثلاثة أنواع منها:

- البلازما الباردة: درجات حرارة الأيونات و الجسيمات المعتدلة أقل من $10^3 K$ في حين تكون الإلكترونات ذات درجات مرتفعة.
- البلازما الحرارية: التي تتميز بدرجات حرارة عمل أعلى من $10^3 K$
- البلازما الحارة: التي توافق درجة حرارة أعلى من $10^6 K$

5-1 بعض خصائص البلازما

5-1-1 التوصيل الكهربائي في البلازما

بما أنّ البلازما غاز عالي التأين، يضم عدداً هائلاً من الجسيمات لمشحونة المتحركة بحُرية داخلها، فأنّها تعد موصلاً جيداً للكهرباء. تتبادل هذه الجسيمات الأثير مع الحقل الكهرومغناطيسي الموضعي،كما أنّ الحركة المنظمة لها تحدث تيارات كهربائية وتغيرات لكثافة الشحنة تؤدي إلى نشوء حقول كهرومغناطيسية[8].

5-1- 2 ذبذبات البلازما وحركة الموجة

لدى البلازما قابلية لحمل ذبذبات وبث الموجات ويمكن أن تحدث أنواع مختلفة من السلوك التذبذبي إلاّ أنّ هذه الذبذبات قد تكون معقدة جدا بسبب الميزة غير الخطية للمعادلات الهيدروديناميكية لها.في الحقيقة يوجد نوعان محتملان من الذبذبات الكهروستاتيكية التردد العالي التي تكون سريعة جداً إذ يصعب على الأيونات الثقيلة أنْ تتبعها وذبذبات الأيونات التي تكون بطيئة جداً بحيث أنّ الإلكترونات تتوزع دائما حول الأيونات بنمط إحصائي[5].

5-1-3 التعادل الكهربائي في البلازما

إحدى الصفات المهمة في البلازما هي نزعتها لتبقى متعادلة كهربائيا،أي ميلها توازن الشحنة الفراغية السالبة مع الشحنة الفراغية الموجبة في كل جزء من الحجم العيني،وأنَّ أي اختلاف بسيط في كثافة الشحنة الفراغية يسبب نشوء قوى كهروستاتيكية قوية تؤثر في اتجاه إعادة التعادل، من جهة أخرى إذا تعرضت البلازما إلى حقل كهربائي خارجي فإنّ كثافة الشحنات الفراغية ستنظم نفسها بحيث يحجب الجزء الأعظم من البلازما من تأثيرات هذا الحقل[6].

6-1 أهم المقادير في البلازما

6-1-1 درجة الحرارة

في البلازما غالباً ما تملك الإلكترونات والأيونات توزيعين مختلفين لدرجة الحرارة لأنّ تواتر الصدمات بين الأيونات فيما بينها أو بين الإلكترونات أكبر أن يكون من التواتر الصدمات بين الإلكترونات والأيونات،عندئذ كل نوع من الجزيئات يمكن أن يكون في حالة توازن حراري مستقل عن النوع الآخر. لكن عندما يكون لدينا مجال مغناطيسي فإنّ حتى النوع الآخر من الجزيئات يمكن أن توجد درجتي حرارة مختلفتين ،كما يمكن لبلازما معينة أن تمتلك عدة درجات حرارة مختلفة في نفس الوقت[4].

6-1-2 نصف قطر الكرة الإلكترونية

$$r_0 = \left(\left(\frac{15}{4}\right)\frac{1}{(2\pi)^{3/2}n_e}\right)^{1/3} \qquad (1-1)$$

n_e هي كثافة الإلكترونية

6-1-3 وسيط الترابط Γ

يمثل النسبة بين الطاقة الكامنة المتوسطة للجسيم لتفاعله مع جسيم أخر و الطاقة الحركية المتوسطة له، لذا يعتبر مقياس لمدى ترابط جسيمات البلازما، عندما يكون:

$\Gamma \geq 1$: الترابط شديد أي الطاقة الكامنة المتوسطة أكبر من الطاقة الحركية.

$\Gamma << 1$: الترابط ضعيف، فإنّ للطاقة الحركية دور أكبر في وصف سلوك الجسيمات، أي تتحرك الجسيمات بِحُرية كبيرة و بتصادمات قليلة ما يعني أنّ التأثير البيني بينهّا ضعيف(بلازما مثالية) [9].

بالنسبة للإلكترونات:

$$\Gamma = \frac{e^2}{K_B T r_0} \qquad (1-2)$$

حيث : K_B ثابت بولتزمان و T درجة الحرارة.

6-1-4 طول موجة ديبروغلي الحرارية

يعطي طول موجة ديبروغلي الحرارية الالكتروني تقييما للطبيعة الموجية الكمية جسيمات البلازما ويعرف بالعلاقة التالية [9]:

$$\lambda_T = \frac{h}{\sqrt{2\pi m_e K_B T}} \qquad (1-3)$$

حيث :hثابت بلانك، m_e كتلة الإلكترون.

6-1-5 نصف قطر ديباي

هو المسافة التي عندها تقريباً تحدث حجب لتأثير الشحنة، فإذا ما أدخلنا زوجاً من الأقطاب الكهربائية في البلازما، فإنّ الإلكترونات والأيونات تكوّن تجمعاً للشحنات الساكنة حول كل من القطبين، وتحجب حقلّها بسبب التهيج الحراري فإنّ الشحنات لا يمكن أن تكون ساكنة تماماً على الأقطاب، بل تُكون سحابة غير ثابتة بالقرب من القطب، وفي داخل السحابة فقط يشَّوش القطب البلازما، أمّا خارجها فلا تتأثر البلازما بوجود القطب. يعطى نصف قطر ديباي بالعلاقة التالية[8]:

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{K_B T}{4\pi e^2 n_e}}(SI) \cong 6.9\sqrt{\frac{T}{n_e}}(cgs) \qquad (1-4)$$

حيث: n_e كثافة الإلكترونية، e شحنة الإلكترونية.

6 – 1–6 درجة التكميم

تمثل النسبة بين طول موجة ديبروغلي الحرارية ونصف الكرة الإلكترونية أي:

$$\eta = \frac{\lambda_T}{r_0} = \frac{h}{r_0\sqrt{2\pi m_e T}} \qquad (1-5)$$

النهاية الكلاسيكية تتوافق مع المسافة بين الجسيمات المكونة للبلازما كبيرة مقارنة بطول موجة ديبروغلي $\eta < 1$.

النهاية الكمومية تتوافق مع المسافة بين الجسيمات المكونة للبلازما صغيرة مقارنة بطول موجة ديبروغلي $\eta > 1$.

7–1معالجة البلازما

يستحيل معالجة البلازما بشكل كافي معالجة عينية بحتة، بل ينبغي من الضروري استخدام النظرية الحركية كتحديد مواضع الجسيمات وسرعاتها ووصف المجال الكهرومغناطيسي بها، إنّ التعقيد في حالة البلازما بشتى أشكالها، بسبب ارتفاع درجة الحرارة والكثافة، قاد إلى عدد كبير من طرائق التحليل النظري المختلفة تماما. ومع ذلك توجد ثلاث صياغات تقريبية توفر لنا النظرة العامة لما يحدث داخل البلازما.

7–1–1 نظرية التوازن

تستند نظرية التوازن إلى افتراض أنّ التصادمات بين الجسيمات المشحونة تكون كافية لجعل توزيع الجسيمات داخل البلازما خاضعاً لتوزيع ماكسويل بولتزمان للسرع [5]:

$$N_j(\vec{\vartheta})dv_x dv_y dv_z = N_{0j}\left(\frac{m_p}{2\pi KT}\right)^{3/2} \exp\left(\frac{-m_p v^2}{2KT}\right) dv_x dv_y dv_z \qquad (1-6)$$

حيث : N_{0j} عدد الجسيمات من صنف j لوحدة الحجم في البلازما و $v_x v_y v_z$ مركبات السرعة و m_p كتلة الجسيمات من صنف j .

7–1–2 نظرية المدار

تعالج حركة الجسيمات المشحونة في حقول كهربائية ومغناطيسية المفترضة، وقد تكون هذه المجالات دوالاً لكل من الموقع والزمن، وتمثل هذّه النظرية تقريبا جيداً لحركة جسيم في البلازما عندما لا تؤدي التصادمات الدور الرئيسي، أي عندما يكون متوسط المسار الحر للتصادمات كبيراً مقارنة بالأبعاد المميزة للمدار وتعالج التصادمات في هذه حالة كالاضطراب[6].

7–1 – 3 المعالجة الهيدرومغناطيسية:

تستخدم الصياغة الهيدرومغناطيسية معادلات الكهرومغناطيسية الكلاسيكية (معادلات ماكسويل)، وتدمج مع المعادلات

الكلاسيكية لحركة الموائع ومن الجلي أنّ المعالجة الهيدرومغناطيسية هي وصف عيني للبلازما، وتعد تقريبا جيداً عندما يكون متوسط المسار الحر للتصادمات صغير جداً بالنسبة للمسافات الفيزيائية المهمة في منظومة البلازما [6].

1-8 الخلاصة

تطرقنا في هذا الفصل إلى عموميات حول البلازما فقدمنا بعض التفاصيل المهمة عن البلازما بالإضافة إلى مختلف أشكالها وكيفية معالجتها كما لخصنا وبإيجاز أهم المقادير في فيزياء البلازما والمقادير بدون وحدة.

الفصل الثاني

حساب دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري للبلازما ذات مركب واحد بإستخدام تفاعل $W.Ebeling$

2- 1 مقدمة

كمون ديباي (كمون كولوم المحجب) وهو الكمون الوحيد المعروف في الترموديناميك الإحصائية بين الشحنات،لكن عند اخذ التأثير الكمومي بعين الاعتبار يظهر لنا كمون أخر يدعى بالكمون الفعال أدخلت هذه الفكرة من طرف *Kelbg* و مساعديه [10]، قاموا بتعويض كمون كولوم بالكمون الفعال .

وبعدها جاء *W.Ebeling* باقتراحه تفاعل جمع بينهما بغية إظهار الفعل الكمومي بحيث تفاعل *W.Ebeling* يعتمد على قيمة كمون *Kelbg* عند مسافات صغيرة و كمون ديباي عند مسافات كبيرة.

في هذا الفصل سنهتم بموضعين أساسيين: الموضوع الأول دراسة تفاعل *W.Ebeling* بين أيون وإلكترون، ثم الحساب النظري لدالة التوزيع للحقل الكهربائي المجهري من اجل شائبة أيونية في بلازما مكونة من الكترونات، هذه الأخيرة مغمورة في خلفية مستمرة موجبة الشحنة.

2-2 تفاعل *Kelbg*

طاقة التفاعل بين جسمين i و j تفصلها المسافة r حسب عبارة Kelbg[10]:

$$U_{ij}(\mathrm{r}) = \frac{Z_i Z_j e^2}{r}\left[1 - \exp\left(\frac{-r^2}{\lambda_T^2}\right) + \frac{\sqrt{\pi} r}{\lambda_T}\left(1 - \operatorname{erf}\left[\gamma_{ij}\frac{r}{\lambda_T}\right]\right)\right] \qquad (2-1)$$

حيث erf(x) تسمي دالة الخطأ و $\gamma_{ij} = 1$ في الصيغة الأصلية *Kelbg*. نلاحظ أن قيمة هذا التفاعل عند الصفر معرفة وتعطى بالمعادلة التالية:

$$U_{ij}(r) = \frac{\sqrt{\pi} Z_i Z_j e^2}{\lambda_T} \qquad (2-2)$$

2-3 تفاعل *W.Ebeling*

وعلى ضوء ما سبق قام *W.Ebeling*باقتراح عبارة بسيطة تتضمن نهاية صيغة عند $r = 0$ ، باستعمال نشور تايلور من الدرجة الأولى التالية:

$$\exp\left(-\left(\frac{r}{\lambda_T}\right)^2\right) \simeq 1 - \left(\frac{r}{\lambda_T}\right)^2 \quad (2-3)$$

$$\operatorname{ert}\left(\frac{r}{\lambda_T}\right) \simeq \frac{2}{\sqrt{\pi}}\left(\frac{r}{\lambda_T}\right) \quad (2-4)$$

من اجل الحصول على تفاعل *W.Ebeling* من الصيغة العامة لتفاعل كلبجي بتعويض المعادلات $(2-3)$ و $(2-4)$في المعادلة $(2-1)$فنحصل على:

$$U_{ij}(\mathrm{r}) = \frac{Z_iZ_je^2}{r}\left[1-\exp\left(\frac{-r^2}{\lambda_T^2}\right)+\frac{\sqrt{\pi}r}{\lambda_T}\left(1-\ \mathrm{erf}\left[\frac{r}{\lambda_T}\right]\right)\right]$$
$$\simeq \frac{Z_iZ_je^2}{r}\left[1-1+\left(\frac{r}{\lambda_T}\right)^2+\frac{\sqrt{\pi}r}{\lambda_T}\left(1-\frac{2}{\sqrt{\pi}}\left(\frac{r}{\lambda_T}\right)\right)\right]$$
$$\simeq \frac{Z_iZ_je^2}{r}\left[\frac{\sqrt{\pi}r}{\lambda_T}-\left(\frac{r}{\lambda_T}\right)^2\right] \simeq \frac{Z_iZ_je^2}{\lambda_T}\left[\sqrt{\pi}-\frac{r}{\lambda_T}\right]$$

وبناء على ما اقترح *W.Ebeling* الذي اعتمد على كمون *Kelbg* عند $\mathrm{r}=0$ وكمون كولوم في مالا نهاية سوف تتم دراستنا على نفس الكمون المقترح، إلا أننا أضفنا عليه الحجب وسنأخذ تفاعل بين أيون مركزي (شائبة أيونية) ذو شحنة موجبة(Ze) وبين الالكترونات المحيطة بها هذه الالكترونات تسبح في خلفية مستمرة موجبة الشحنة.

بأخذ التأثير الكمومي بعين الاعتبار، نفرض التفاعل بين مكونات البلازما من الشكل التالي:

$$U_{ie}(r) = \begin{cases} -\frac{Ze^2}{\lambda_T}\left[\sqrt{\pi}-\frac{r}{\lambda_T}\right]exp\left(-\frac{r}{\lambda_D}\right), & \mathrm{r} < r_1 \qquad (2-5) \\ -\frac{Ze^2}{r}\exp\left(-\frac{r}{\lambda_D}\right), & \mathrm{r} > r_1 \qquad (2-6) \end{cases}$$

الثابت r_1 يحسب عن طريق شروط استمرارية الكمون عند r_1 وجدنا أنه يحقق معادلة من الدرجة الثانية بالصيغة التالية :

$$\gamma_{ij}r_1^2 - \lambda_T\sqrt{\pi}r_1 + \lambda_T^2\gamma_{ij} = 0 \qquad (2-7)$$

2- 4التأثير الكمومي على دالة التوزيع القطرية

تلعب دالة التوزيع القطرية دورا جوهريا في العديد من حسابات خصائص للبلازما فهي تدخل في حساب الخصائص الستاتيكية مثل دالة توزيع الحقل الكهربائي، معاملات الانتشار والمعاملات الترودينامكية، وفي حساب الخصائص الديناميكية مثل دوال الارتباط للحقل والسرعة.حساب دالة التوزيع القطرية يتعلق بالتفاعل المتبادل بين مكونات البلازما، لذلك فإدخال التأثير الكمومي على هذه الدالة عند المسافات الصغيرة جدا عنصر مهم في حساب كل الخصائص السابقة.

نعرف$p_S(\vec{r}_1,\vec{r}_2)d\vec{r}_1d\vec{r}_2$ احتمال وجود جسمين متموضعين عند $\vec{r}_1$و$\vec{r}_2$ في الفضاء حيث [11]:

$$\iint p_S(\vec{r}_1,\vec{r}_2)d\vec{r}_1 d\vec{r}_2 = 1 \qquad (2-8)$$

ندخل دالة الترابط $g(\vec{r}_1,\vec{r}_2)$ والمعرفة في الحجم V بالعلاقة التالية:

$$g(\vec{r}_1,\vec{r}_2) = V^2 p_S(\vec{r}_1,\vec{r}_2)(2-9)$$

عندما تكون إحدى الجسيمات في المبدأ الإحداثيات تصبح العلاقة السابقة:

$$\frac{1}{V}\int g(r)\, d\vec{r} = 1(2-10)$$

دالة الترابط يمكن كتابتها بدلالة التفاعل بين الجسمين $U(r)$[9]:

$$g(r) = \exp(-\beta U)(2-11)$$

علما أن $\beta = 1/k_B T$

وباستخدام التفاعل السابق المعرف بالعلاقة $(2-6)$ و $(2-7)$, ولدينا في هذه الحالة : $n_e = n_i$ و ومع جعل المقادير المستعملة دون وحدة يجب $v = \frac{r_0}{\lambda_D}$ و $v' = \frac{r_0}{\lambda_T}$ و $y = \frac{r_0}{r_1}$ مع أخد الايون الشائبة هو الهيدروجين تصبح صيغة التفاعل :

$$U_{ij}(r) = \begin{cases} \frac{-e^2}{r_0} v'(\sqrt{\pi} - yv')\exp(-yv), & y < y_1 = \frac{r_1}{r_0} \\ \frac{-e^2}{r_0 y}\exp(-yv), & y > y_1 = \frac{r_1}{r_0} \end{cases} \qquad (2-12)$$

$$g(r) = \begin{cases} \exp\left[\Gamma v'(\sqrt{\pi} - yv')\exp(-yv)\right], & y < y_1 = \frac{r_1}{r_0} \\ \exp\left[\frac{\Gamma}{y}\exp(-yv)\right], & y > y_1 = \frac{r_1}{r_0} \end{cases} \qquad (2-13)$$

2-6 التأثير الكمومي حساب دوال توزيع الحقل الكهربائي الموضعي

إنّ دراسة الإشعاع المنبعث عن البلازما تتطلب معرفة معلومات عن بعض المقادير الفيزيائية المرتبطة بشكل مباشر أو غير مباشر، و ببعض الأفعال التي تؤثر في شكل الخطوط الطيفية المنبعثة عن مشعات، سواء بتعريضها أو بإزاحتها .يعتبر فعل الحقول الكهربائية الموضعية لمشعات أيونية فعلاً من بين الأفعال المهمة التي تساهم في تعريض الخطوط الطيفية، يتم إدخاله في الصيغة الطيفية باستخدام ما يعرف بدوال توزيعا لحقل الكهربائي الموضعي، الناشئ في عملنا هذا عن الإلكترونات عند موضع الشائبة، على مجال مستمر من القيم، التي تعني كيفية توزع مقادير الحقل الكهربائي.

2-7 النموذج النظري

الحقل الكهربائي المؤثر على شائبة أيونية شحنتها$Z_1e(Z=1)$ موضوع عند r_1،هذا الحقل ناتج عن مجموع N إلكترون.هذه الإلكترونات سالبة الشحنة مغمورة في خلفية متجانسة موجبة (الأيونات). يوصف التفاعل بين شائبة الأيونية والإلكترونات المكونة للبلازما بتفاعل *W.Ebeling*وذلك لإدخال التأثير الكمومي عند المسافات الصغيرة.

طاقة التفاعل المؤثرة على الشائبة الأيونية و الناتجة عن مجموع الإلكترونات الأخرى المكونة للبلازما تعطي:

$$U_1=\begin{cases}\sum_{i=2}^{N}-\frac{e^2}{\lambda_T}\left(\sqrt{\pi}-\frac{r_{i1}}{\lambda_T}\right)exp\left(-\frac{r_{i1}}{\lambda_D}\right) & , \quad r_{i1}<r_1\\ \sum_{i=2}^{N}-\frac{e^2}{r_{i1}}exp\left(-\frac{r_{i1}}{\lambda_D}\right) & , \quad r_{i1}>r_1\end{cases} \qquad (2-14)$$

و الحقل الكهربائي:

$$\vec{E}=-\frac{1}{Z_1e}\vec{\nabla}U_1=\begin{cases}\sum_{i=2}^{N}-\frac{e}{\lambda_T^2}\left[1+\frac{\lambda_T}{\lambda_D}\left(\sqrt{\pi}-\frac{r_{i1}}{\lambda_T}\right)\right]exp\left(\frac{r_{i1}}{\lambda_D}\right) & , \quad r_{i1}<r_1\\ \sum_{i=2}^{N}-\frac{e}{r_{i1}^2}\left(1+\frac{r_{i1}}{\lambda_D}\right)exp\left(-\frac{r_{i1}}{\lambda_D}\right) & , \quad r_{i1}>r_1\end{cases} \qquad (2-15)$$

نعرف دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري $W(\vec{E})$ على أنّها كثافة الاحتمال لإيجاد الحقل الكهربائي $\vec{\varepsilon}$ يساوي $\vec{E}$ عند r_1

إذا إعتبرنا أنّ النظام يوصف بالميكانيك الإحصائي الكلاسيكي فإنّ $W(\vec{E})$ تكتب [9] :

$$W(\vec{E})=\langle\delta(\vec{\varepsilon}-\vec{E})\rangle \qquad (2-16)$$

حيث المعترض$\langle\ldots\rangle$ يمثل القيمة الوسطى عند التوازن .

نأخذ التحويل فورييه$F(\vec{k})$ لـ $W(\vec{E})$المعرف بالعلاقة التالية:

$$F(\vec{k})=\int \exp(i\vec{k}.\vec{E})W(\vec{E})d\vec{E} \qquad (2-17)$$

$$F(\vec{k})=\langle exp(i\vec{k}.\vec{E})\rangle \qquad (2-18)$$

وبالتحويل العكسي:

$$W(\vec{E})=\frac{1}{(2\pi)^3}\int exp(i\vec{x}.\vec{E})F(\vec{k})\,d\vec{x} \qquad (2-19)$$

يسمى $F(\vec{k})$ طيف الدالة ويساوي

$$F(k) = exp\big(nh(k)\big) \qquad (2-20)$$

حيث $nh(k)$ توزيع الحقل الكهربائي المجهري الفعلي:

$$nh(k) = n\int\left(exp\left(i\vec{k}.\vec{E}\right)-1\right)\overrightarrow{dr} = n2\pi\int(exp(ixEcos\theta)-1)r^2drdcos\theta \qquad (2-21)$$

$$nh(k) = 2\pi n\int_0^\infty\left(\frac{sin(kE)}{kE}-1\right)r^2dr \qquad (2-22)$$

بأخذ $Z = 1$ و نضع المتغيرات التالية $y = \frac{r}{r_0}\ ,x = kE_0\ ,E = \frac{E}{E_0}\ ,E_0 = \frac{e}{r_0}$ لتصبح المعادلات السابقة بدون وحدة:

$$\bar{E} = \frac{E}{E_0} = \begin{cases} v'^2\left[1+\frac{v}{v'}(\sqrt{\pi}-v'y)exp(-vy)\right] & ,y < \frac{r_1}{r_0} \\ \frac{1}{y^2}(1+vy)exp(-vy) & ,y > \frac{r_1}{r_0} \end{cases} \qquad (2-23)$$

$$nh(x) = \frac{15}{2}\frac{1}{(2\pi)^{1/2}}\int_0^\infty\left(\frac{\sin(\bar{E}x)}{\bar{E}x}-1\right)y^2dy \qquad (2-24)$$

$$F(x) = \exp\big(nh(k)\big) = exp\left[\frac{15}{2}\frac{1}{(2\pi)^{1/2}}\int_0^\infty\left(\frac{\sin(\bar{E}x)}{\bar{E}x}-1\right)y^2dy\right] \qquad (2-25)$$

باستخدام الإحداثيات الكروية ووضع $\beta = \frac{E}{E_0}$ تصبح علاقة التحويل العكسي $W(\vec{E})$:

$$W(\vec{E}) = \frac{2\pi}{(2\pi)^3}\int_0^\infty\int_0^\pi \exp(ikEcos\theta)F(x)\,k^2\sin\theta d\theta dk \qquad (2-26)$$

$$W(\vec{E}) = \frac{1}{(2\pi)^2}\int_0^\infty\frac{\sin(KE)}{KE}F(x)K^2dK \qquad (2-27)$$

$$W(\vec{E}) = \frac{1}{E_0^3(2\pi)^2}\int_0^\infty\frac{\sin(\beta x)}{\beta x}F(x)x^2dx \qquad (2-28)$$

ندخل كثافة الإحتمال للحقل الكهربائي[12]:

$$P(\vec{E}) = 4\pi E^2W(\vec{E}) = \frac{4\pi E^2}{E_0^3}\frac{1}{(2\pi)^2}\int_0^\infty\frac{\sin(\beta x)}{\beta x}F(x)K^2dx \qquad (2-29)$$

$$H(\beta) = E_0 P\left(\vec{E}\right) = \frac{2\beta}{\pi}\int_0^{\infty} x^2 \sin(\beta x)\, \mathrm{F}(x)\mathrm{dx} \qquad (2-30)$$

2- 8 النتائج والمناقشة

في الجزء الأول من هذا الفصل قمنا بمقارنة التفاعلات المستخدمة بين أيون وإلكترون ، وتحصلنا على النتائج التالية:

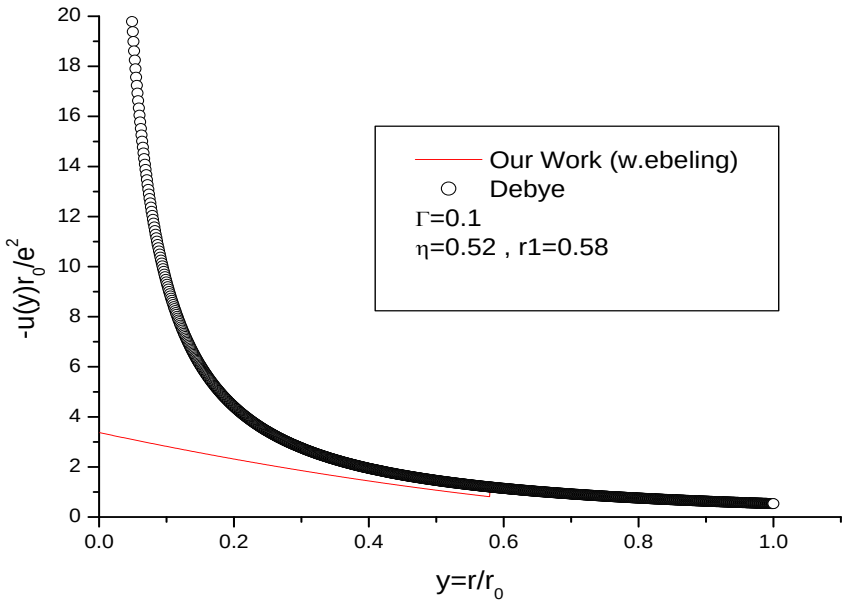
إيجاد r_1 الذي عنده يتساوى كمون *W.Ebeling* عند المسافات الصغيرة وتفاعل *Debye* (شروط استمرارية الكمون) لذلك المفروض أن نجد حلول المعادلة رقم $(2-8)$ من الدرجة الثانية و حلها نتحصل على أعداد مركبة لذلك اتجهنا إلى المقارنة البيانية بين المعادلة $(2-5)$ و $(2-6)$ وإيجاد أقرب نقطة بين المحنيين.

يمثل **الشكل** $(\mathbf{2-1})$ مقارنة بين منحني *W.Ebeling* عند مسافات صغيرة وتفاعل *Debye* عند مسافات كبيرة حيث تحصلنا على أقرب نقطة بين المنحنين $r_1 = 0.58$ وذلك من اجل $\eta = 0{,}52$ و $\Gamma = 0{,}1$. وهما الوسيطان اللذان يحددان المعطيات الفيزيائية للبلازما بدلاً من درجة الحرارة والكثافة .

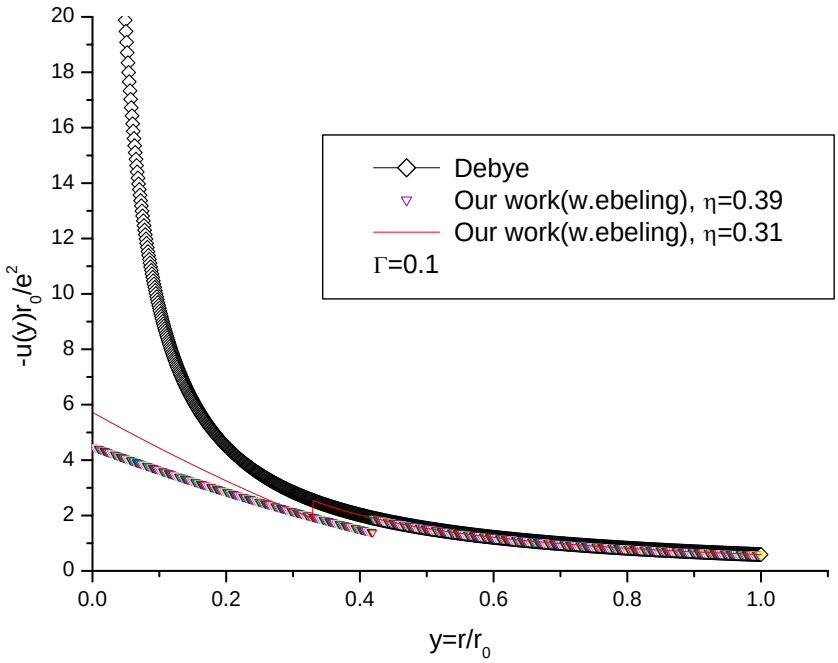
و**الشكل** $(\mathbf{2-2})$ مقارنة بين منحني تفاعل *W.Ebeling* من اجل نفس وسيط الترابط $\Gamma = 0{,}1$ و قيم مختلفة لـ η وأيضا مقارنتها بتفاعل ديباي. نلاحظ انه كلما نقصت قيمة المعامل η لنفس قيمة وسيط الترابط تؤول المنحنيات إلى منحنى ديباي، أي ليس هناك فعل كمومي, نلاحظ أيضا أن كمون ديباي ليس له قيمة معرفة عند المسافات الصغيرة وهذا عكس تفاعل كلبجي الذي له قيمة معرفة.وقيمة المعامل η تقريبا نفسها قيمة r_1 وهو يمثل الحدود الكمومية.

في القسم الثاني:تطبيق النتائج السابقة في الحساب النظري لدالة التوزيع للحقل الكهربائي المجهري باستعمال تفاعل *W.Ebeling* ونقارنها بتفاعل Debye والنتائج المتحصل عليها موضحة:

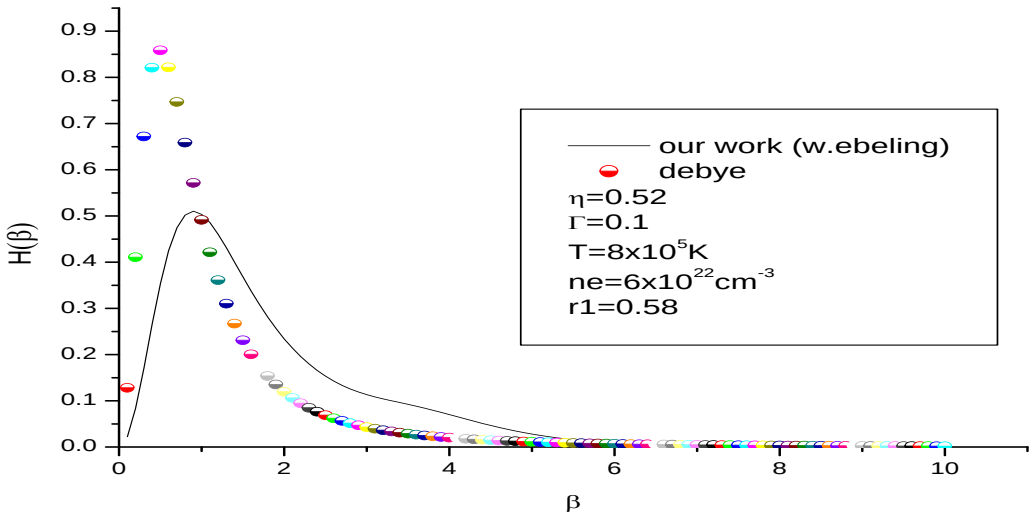
في **الشكل** $(\mathbf{2-3})$ الذي يمثل مقارنة بيانية لدالة توزيع حقل الكهربائي المجهري الناتجة عن استخدام تفاعل *W.Ebeling*، الذي يظهر التأثير الكمومي عند المسافات الصغيرة تحت شروط $\Gamma = 0.1$ و $\eta = 0.52$ و $r_1 = 0.58$، ودالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري في حالة تفاعل *Debye*، حيث نلاحظ نقصان واضح للتوزيع الناتج عن التفاعل *W.Ebeling* مقارنة بالتوزيع الناتج عن تفاعل *Debye* عند حقول الكبيرة أي وجود فرق بينهما يرجع هذا لوجود تأثير كمومي حيث نعتبر نموذج مقبول في الشروط المفروضة.



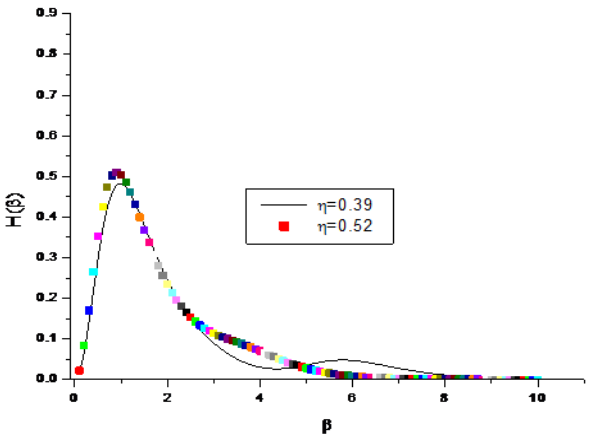
الشكل (2 –1)مقارنة بين منحني تفاعل *W.Ebeling*وتفاعلDebye من اجل$\eta = 0{,}52$. و $\Gamma = 0{,}1$



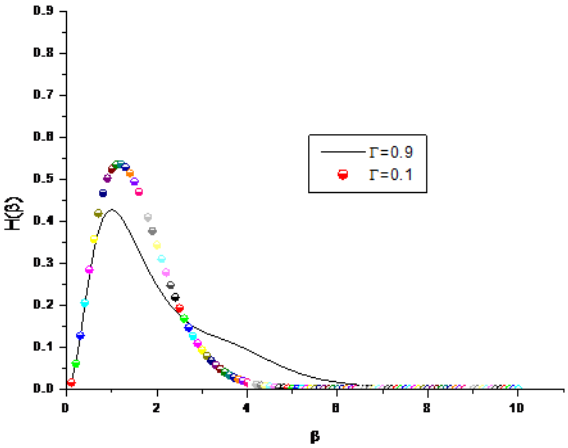
الشكل (2-2) : مقارنة بين منحني تفاعل *W.Ebeling* من أجل نفس وسيط الترابط$\Gamma = 0.1$وقيم مختلفة η مع تفاعل*Debye*



الشكل (2 – 3) مقارنة لدالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري باستخدام تفاعل *W.Ebeling* مع دالة توزيع الحقل الناتجة عن استخدام تفاعل *Debye* تحت شروط $\Gamma = 0.1$ و $\eta = 0.52$ و $r_1 = 0.58$



الشكل (2 – 4) مقارنة لدالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري باستخدام تفاعل $\Gamma = 0.1$ *W.Ebeling* ومن أجل قيم مختلفة لـ η



الشكل (2 – 5) مقارنة لدالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري باستخدام تفاعل عند *W.Ebeling* ومن أجل $\eta = 0.8$ قيم مختلفة لـΓ

الشكل (2 – 4) مقارنة لدالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري باستخدام تفاعل *W.Ebeling* عند من أجل قيمة$\Gamma = 0.1$ ومن أجل قيم مختلفة لـ η حيث نلاحظ اختلاف المنحنين عند ارتفاع قيمة η، و انزياح المنحنيات نحو الحقول الأصغر كلما ازدادت η.

الشكل (2 – 5) مقارنة لدالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري باستخدام تفاعل*W.Ebeling*ومن أجل$\eta = 0.8$ وقيم مختلفة لـ Γ كذلك يظهر اختلاف واضح بين المنحنيين ولكن حينما تكون قيمة Γ صغيرة يكون التأثير الكمومي أعلى، وانزياح المنحنيات نحو الحقول الكبيرة مع زيادة η وهو عكس الحالة السابقة.

2–9الخلاصة

تطرقنا في الجزء الأول لهذا الفصل إلى طاقة التفاعل الكمومي وكيفية إدخال هذه الفكرة وكيفية تطويرها ، بالإضافة إلى تقريبات وتصحيحات التي أجريت على تفاعل *kelbg*،كما تطرقنا إلى التفاعل ناتج عن شحنة نقطية تحت تأثير الكمومي إعتماداً على إقتراح *w.ebeling* مع بعض تصحيحات .

قمنا في الجزء الثاني لهذا الفصل بحساب دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري عند نقطة التقارب الناتجة عن تفاعل *w.ebeling* ومقارنته مع دالة التوزيع الناتجة عن تفاعل ديباي.

ثم أكدنا فعالية كل من درجة التكميم و وسيط ترابط في دوال التوزيع وبالتالي لهما دور في شروط التأثير الكمومي على الحقول المجهرية.

الفصل الثالث

نموذج خطوط الطيف $Ly\alpha$ و $Ly\beta$

3-1 مقدمة

يوجد إرتيابات للخطوط الطيفية للإشعاع الصادر من أيون، هذه إرتيابات بسبب الجسيمات محيطة بالإشعاع الصادر. التي تترجم إلى تعريضات أو إنزياحات طيفية[13]،تحتوي الخطوط الطيفية على معلومات تتعلق هذه الأخيرة بفيزياء الجسم المنبعث من جهة ومن جهة أخرى بطبيعة البلازما.المقارنة بين أطياف تجريبية ونظريات يمكننا من تشخيص حالة البلازما [15][14].

في هذا العمل نقوم بدراسة نموذج نظري لحساب تعريضات الطيفية،أكثر دقة تحليل خطوط تعريض فعل ستارك الناتج عن حقل ستاتيكي.يستخدم هذا الأخير في إيجاد دالة توزيع الحقل الكهربائي و الصيغ خطوط طيفية المحسوبة في حالة تفاعل بين (أيون +إلكترون).باستخدام دالة توزيع حقل الكهربائي التي تم دراستها في الفصل الثاني.

في هذا الفصل سوف نطبق الحسابات السابقة لدالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري لأيون شائبة في بلازما من الالكترونات مغمورة في خلفية مستمرة موجبة الشحنة في حساب طيف $Ly-\alpha$ و $Ly-\beta$ وإظهار التأثير الكمومي.

3-2الصيغةالطيفية ل $Ly-\alpha$

يعبر عن شدة الخط الطيفي $Ly-\alpha$ بالمعادلة التالية[16]:

$$I_{Ly\alpha}(\Delta\nu)=\frac{4}{1+K^2}+\int_0^\infty\frac{H(\beta)}{1+K^2(1+D\beta/\Delta\nu)^2}d\beta+\int_0^\infty\frac{H(\beta)}{1+K^2(1-D\beta/\Delta\nu)^2}d\beta \qquad (3-1)$$

حيث:

$H(\beta)$: دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري.

$$K=\frac{\Delta\nu}{C} \qquad (3-2)$$

$$C=5.00\times10^{-21}\left[19.28-ln\left(\frac{1}{Z}\left(\frac{ne}{T}\right)^{1/2}\right)\right].\frac{1}{Z^2}\frac{ne}{T^{1/2}} \qquad (3-3)$$

$$D=4.37\times10^{-16}\left(\frac{ne^{2/3}}{Z}\right) \qquad (3-4)$$

$$o\acute{u}\ [ne]=cm^{-3},[C]=[D]=[\Delta\nu]=\mathrm{Ry}$$

ومن أجل $\Delta\nu=0$ تصبح المعادلة$(3-1)$ من الشكل :

$$I_{Ly\alpha}(0)=2\int_0^\infty\left[2+\frac{1}{1+(D\beta/C)^2}\right]H(\beta)d\beta \qquad (3-5)$$

3-3 الصيغة الطيفية لِـ $Ly-\beta$

يعبر عن شدة الخط الطيفي $Ly-\beta$ بالمعادلة التالية [16]:

$$I_{Ly\beta}(\Delta\nu)=\frac{32}{19}\left[\int_0^\infty \frac{H(\beta)}{1+K^2\left(1+\frac{D\beta}{\Delta\nu}\right)^2}d\beta+\int_0^\infty \frac{H(\beta)}{1+K^2\left(1-\frac{D\beta}{\Delta\nu}\right)^2}d\beta\right]$$
$$+\left[\int_0^\infty \frac{H(\beta)}{1+K^2\left(1+\frac{2D\beta}{\Delta\nu}\right)^2}d\beta+\int_0^\infty \frac{H(\beta)}{1+K^2\left(1-\frac{2D\beta}{\Delta\nu}\right)^2}d\beta\right] \qquad (3-6)$$

حيث:

$$K=\frac{\Delta\nu}{C} \qquad (3-7)$$

$$C=6.76\times10^{-20}\left[18.93-\ln\left(\frac{1}{Z}\left(\frac{ne}{T}\right)^{1/2}\right)\right]\frac{1}{Z^2}\frac{ne}{T^{1/2}} \qquad (3-8)$$

$$D=\ 6.56\times10^{-16}\left(\frac{ne^{\frac{2}{3}}}{Z}\right) \qquad (3-9)$$

$$o\acute{u}\ [ne]=cm^{-3},[C]=[D]=[\Delta\nu]=\mathrm{Ry}$$

ومن أجل $\Delta\nu=0$ تصبح المعادلة $(3-5)$ من الشكل :

$$I_{Ly\beta}(0)=2\int_0^\infty\left[\frac{32}{19}\left[\frac{1}{1+(D\beta/C)^2}\right]+\left[\frac{1}{1+(2D\beta/C)^2}\right]\right]H(\beta)d\beta \qquad (3-10)$$

4-3 نتائج ومناقشة:

الجدول $(3-1)$ قيم $I_{\mathrm{Ly}\alpha}(0)$ لتفاعل W.Ebeling وتفاعل Debye بدلالة تغير قيم الحرارة والكثافة.

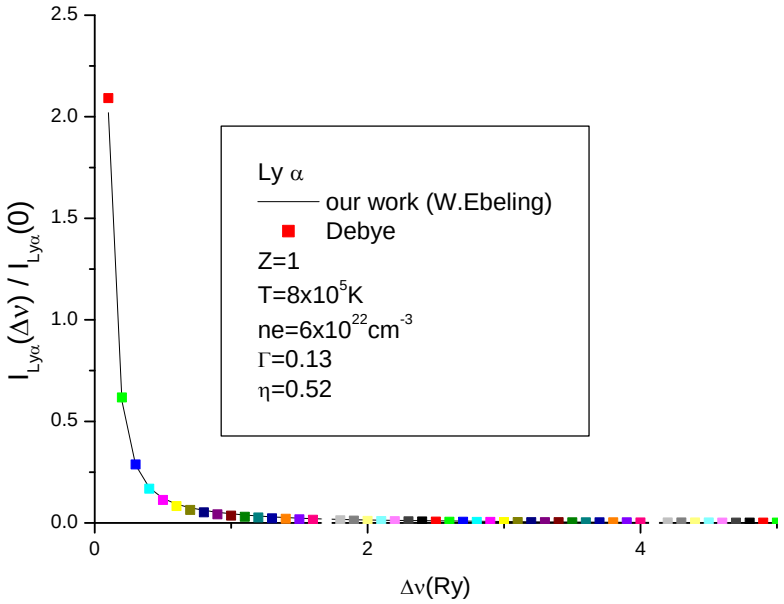
$T\ (k^0)$	$\mathrm{ne}(cm^{-3})$	r	η	$\mathrm{C}(Ry)$	$\mathrm{D}(Ry)$	$I_{Ly\alpha}D(0)(Ry)$	$I_{Ly\alpha}K(0)(Ry)$
$5.5\times\ 10^5$	70×10^{20}	0.09	0.13	3.48×10^{-2}	1.59×10^{-1}	3.93	3.79
7.9×10^5	2.5×10^{22}	0.1	0.39	3.98×10^{-2}	3.73×10^{-1}	4.003	3.69
8×10^5	6×10^{22}	0.13	0.52	$-4.96\times10^{-}$	6.69×10^{-1}	4.01	1.81

الجدول $(2-3)$ قيم $I_{Ly\beta}(0)$ لتفاعل W.Ebelingوتفاعل Debye بدلالة تغير قيم الحرارة والكثافة.

$T\ (k^0)$	ne(cm^{-3})	r	η	C(Ry)	D(Ry)	$I_{Ly\beta}D(0)(Ry)$	$I_{Ly\beta}K(0)(Ry)$
5.5×10^5	70×10^{20}	0.09	0.30	2.48×10^{-1}	2.40×10^{-1}	0.884	0.821
7.9×10^5	2.5×10^{22}	0.1	0.39	$-1.26\times 10^{-}$	5.60×10^{-1}	0.102	0.0926
8×10^5	6×10^{22}	0.13	0.52	-2.01	1.005	1.901	0.865

يمثل الجدول السابق قيم كل المعاملات في صيغ الطيفية$Ly-\alpha$ و $Ly-\beta$ ، ومقارنة $I_{Ly\alpha}D(0)(Ry)$ لديباي و$I_{Ly\alpha}K(0)(Ry)$ لتفاعل *W.Ebeling نلاحظ إن القيم مختلفة وذلك يعود إلى التأثير الكمومي*، وقيمتهما تقريبا من رتبة القيم الموجودة في المراجع.

قمنا في هذا العمل بحساب واحد فقط لطيف $Ly-\alpha$ و النتائج كانت مقبولة نوعا ما إلاّ أنَّه من المفروض ان يبدأ المنحنى بقيمة 1 لكنه لصغر تعريض الطيف لا نشاهدها، وهي ممثلة في **الشكل** $(1-3)$. الفرق بين منحنى W.Ebeling الذي نظهره بخط مستمر و ديباي الذي يظهر بخط متقطع تقريبا متطابقتين في الرسم لكن قيمهما مختلفة قليلا عن بعضهما نتيجة لتأثير الكمومي .



الشكل(3–1) مقارنة بين خطي الطيف Lyα الناتج عن استخدام تفاعل W.Ebeling وتفاعل ديباي لبلازما الهيدروجين

3–5 خلاصة:

إن حساب الخطوط الطيفية السكونية يعتمد على دالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري والتي تعتمد بدورها على التفاعل بين مكونات البلازما. والفعل الكمومي له نتيجة هامة يجب أخذها بعين الاعتبار.

الخلاصة العامة

حين يعجز الميكانيك الكلاسيكي في تفسير الكمون والحقل الكهربائي عند المسافات الصغيرة جدا حينها يجب أخذ الآثار الكوانتية بعين الاعتبار، وما قمنا بيه نحن هو إدخال التأثير الكمومي لحساب دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري في بلازما ذات مركب واحد وقسمنا عملنا إلي جزأين :

الجزء الأول:حيث قمنا بعملين

العمل الأول: وهو إدخال التأثير الكمومي عن طريق كمون يعتمد على كمون *Kelbg* عند الصفر وكمون *Debye* في ما لا نهاية اقترح من طرف *W.Ebeling* , وأضفنا عليه الحجب. المسافة r_1 التي تعطى عن طريق شروط استمرارية الكمون، حيث وجدنا أنّها تحقق معادلة من الدرجة الثانية لها حلول مركبة إذا أخذنا $\gamma = 1$ الأمر الذي دفع بنا للمقارنة البيانية من كمون *W.Ebeling* عند المسافات الصغيرة الأقل من r_1 والكمون عند المسافات الأكبر من r_1 وايجاد أقرب نقطة تقارب.

العمل الثاني: وهو الحساب النظري لدالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري بتطبيق التفاعل السابق، إعتمادا على حساب دالة الطيف وهي بدورها تعتمد علي الحقل الكهربائي الناتج من مقترح *W.Ebeling* بين ايونات البلازما وإلكتروناتها حيث النتائج المتحصل عليها تم مقارنتها بدوال توزيع الحقول الكبيرة مما يدل علي التأثير الكمومي عند المسافات الصغيرة،ومنه أن الحقل المدروس من طرفنا مقبول .

النتائج المتحصل عليها من تطبيق تفاعل *W.Ebeling* الذي يظهر التأثير الكمومي كانت مشجعة جدا، يمكن تحسين هذا النموذج بإعطاء قيمة لـ γ الموجودة في علاقة *Kelbg* وهذا يعتبر كأفاق مستقبلية.

وأيضا كأفاق مستقبلية يمكن حساب الخصائص الترموديناميكية باستخدام هذا التفاعل وأيضا دوال الارتباط (الخواص الديناميكية للبلازما), ويمكن استخدام هذا التفاعل لإظهار التأثير الكمومي على مؤثر التصادم وكذا الطيف أو حتى عند حساب المشتقات الجزئية لدوال التوزيع .

الجزء الثاني:

هي إيجاد شكل الخط الطيفي Lyα الذي يعتمد الحساب على العمل السابق لدالة توزيع الحقل الكهربائية الذي خضنا فيه في (الفصل الثاني)، حيث استخدمنا صيغ نظرية Lyα و Lyβ . هذا يبقى ناقص وخاصة في المقارنة وحساب طيف Lyβ ليكون كأفاق مستقبلية، ومنها أيضا توسيع دراسة تقريب*Kelbg* إلى متعدد المركبات ومقارنة نتائج حساب Lyα وLyβبنظريات أخرى،وكذلك إدخال سبين في تفاعل تقريب*Kelbg* وإضافة تقريبات لحساب دالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري .

قائمــة المــراجـــع

[1]H.R. Griem,contrib. Plasma, phys,41,223(2001).

[2]P-Debye et E- Hückel Physic.Z.24 ,185(1923).

[3] J.A. Bittencourt،Fundamentals of Plasma Physics-3rd ed. ,New york(2004).

[4] وليد مصطفى الصهيوني،مقدمة في فيزياء البلازما، دار الفكر المعاصر للطباعة والنشر والتوزيع، سلطنة عمان(2007).

[5] محمودي منال، دراسة التعريض الإلكتروني في حالة القيم الصغيرة لوسيط الصدم في البلازما، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة قاصدي مرباح ورقلة(2014) .

[6]شيحي إسماعيل، حساب دوال توزيع الحقل الكهربائي الموضعي ومشتقاتها داخل البلازما باستخدام المحاكاة العددية مونتي كارلو تطبيق على طيف الهليوم ، رسالة دكتوراه دولة ،جامعة منتوري، قسنطينة(2005) .

[7] الدكتور ابراهيم سعد لله ، محاضرات في فيزياء البلازما السنة الأولى ماستر ، جامعة الوادي(2012) .

[8] قريشة سليمة ، استخدام نموذج الجسيمات المستقلة لحساب دوال التوزّيع المشتقات الفضائية للحقل الكهربائي الأيوني الموضعي في البلازما، أطروحة دكتوراه ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة(2013) .

[9]Douis Saïd , Propriétés Statistiques Des Electrons Dans Un Plasma Haute Température ,Thése du doctorat , université kasdi Merbah -Ouargla(2013)

[10]W.E beling, A. Filinov and all ; J. phys . A Math . Gen. 394309 – 4317 (2006).

[11]تجاجنة ربيعة، حساب دالة التوزيع للحقل الكهربائي المجهري في بلازما ذات مركب واحد باستخدام تفاعل ديباي غير الخطي ، مذكرة ماستر أكاديمي ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة (2015) .

[12] B . Held , ' Physique des plasmas froids ' , Editions Masson(1994).

[13] B. Hel d, and C. Deutsch, Phys. Rev. A 24, 540(1981).

[14] B. Held,C. Deutsch, and M. M. Combert , Phys. Rev. A 29,880 (1984).

[15]B. Held , and P. Pignolet, J. Phys 47, 437(1986).

[16] B. Held , C.Deutsch and M. M. Gombert, Phys.Rev. A 29, 896 (1984).

ملخص

في هذه المذكرة،قمنا بحساب دالة توزّع الحقل الكهربائي المجهري في بلازما ذات مركب واحد $(z = 1)$باستخدام التفاعل المقترح من طرف W.Ebelingالذي يعتمد على تفاعل Kelbg عند 0 وتفاعل Debye في مالا نهاية.حيث قمنا بحساب الحقل الكهربائي من هذا التفاعل إلكترون-.ايون، وتعويضه في حساب دالة توزيع الحقل الكهربائي. الطريقة المتبعة في المذكرة هي نموذج نظرية.

في النهاية قمنا بتطبيق نتائج دالة التوزّيع التي أجريناها على الحساب النظري لخطوط الطّيف$\mathrm{Ly}-\alpha$ و$\mathrm{Ly}-\beta$ السكونية، النتائج المتحصل عليها مشجعة على تطوير هذا النموذج.

Résumé

Dans ce mémoire, nous avons calculé la fonction de la distribution du micro -champ électrique dans un plasma à une seule composante de (z =1), par l'utilisation de L'interaction proposée par W. Ebeling, qui conte sur l'interaction de Kelbg au 0 et l'interaction de Debye à l'infinit,où nous avons calculé le champ électrique à partir de cette interaction pour électron-ion , et on compense le dans le calcul de fonction de distribution de micro-champ électrique. La méthode utilisée est un modèle théorique.

Enfin, nous avons appliqué et testé nos résultats de la fonction de la distribution du micro - champ électrique sur le calcul théorique de profile de raies Ly-α et Ly-β statique.

Les résultats obtenus encourageants pour améliorer ce modèle.

Abstract

In this thesis, we calculate the electric micro-field distribution function of the one component plasma (z=1), therefor we used the suggested interaction of W.Ebeling, Which counts on the Kelbg interaction at 0, and the Debye at infinity. Where we calculated the electric field from this interaction electron-ion, and then compensate it in the calculation the micro-field distribution function. The method used here is a theories model.

Finally, we applied and tested our results of the electric micro-field distribution to treat the static lines shape of Ly-α and Ly-β. These results stimulate us to improve this model.