

رقم الترتيب:.....  
رقم التسلسلي:.....

جامعة قاصديمر باحور قلّة  
كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

التخصص: فيزياء إشعاعات، كاشف وبصريات إلكترونية

من إعداد: تجاجنة ربيعة

:

بعنوان

حساب دالة التوزيع للحقل الكهربائي المجهرى في بلازما ذات مركب  
واحد باستخدام تفاعل ديباي غير الخطي

نوقشت يوم: 2015/05/26

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

جامعة ورقلة	رئيسا	أستاذ محاضر أ	بن الوائر هجيرة
جامعة ورقلة	مناقشا	أستاذ محاضر ب	نعام أمال
جامعة ورقلة	مقررا	أستاذ محاضر أ	شهرة ثورية
جامعة ورقلة	مقررا	أستاذ مساعد أ	عباسة حكيمة

الموسم الجامعي: 2015/2014

# تشكرات

أتقدم بالشكر الخالص للأستاذة د. شمسة ثورية أستاذة محاضرة  
جامعة قاصدي مرباح ورقلة على إشرافها على المذكرة  
وتوجيهاتها لإكمال هذا العمل .

للأستاذة عبايسة حكيم أستاذة مساعد جامعة قاصدي مرباح ورقلة  
على مساعدتها في الإشراف والبرمجة بالפורترونيك جزييل الشكر  
والعرفان.

أقدم شكري للأستاذة بن الزائر هجيرة أستاذة محاضرة جامعة  
قاصدي مرباح ورقلة على قبولها ترأس لجنة المناقشة وأيضا  
للأستاذة نعام آمال أستاذة محاضرة جامعة قاصدي مرباح ورقلة على  
قبولها عضو ممتحننا في لجنة المناقشة.

ولمخبر الأشعاع والبلازما وفيزياء السطوح، كلية الرياضيات وعلوم  
المادة، قسم الفيزياء وكل من قدم يد العون لأثراء المذكرة من  
قريب أو بعيد

شكرا

# الفهرس

<i>i</i>	فهرس الاشكال.....
	فهرس الجداول.....
01	المقدمة العامة.....
الفصل الاول: عموميات حول البلازما	
03	1.1 نبذة تاريخية لماهية البلازما.....
40	2.1 المقادير العامة في البلازما.....
04	1.2.1 نصف قطر ديبياي.....
05	2.2.1 تردد البلازما.....
05	3.2.1 نصف قطر الكرة الأيونية.....
05	4.2.1 معامل التزوج.....
60	4.1 خلاصة.....
الفصل الثاني: تفاعل ديبياي غير الخطي بين الايونات الموجبة	
80	1.2 كمون ديبياي الغير خطي.....
31	2.2 دالة الترابط القطرية.....
51	3.2 نتائج و مناقشة.....
81	4.2 الخلاصة.....
الفصل الثالث: النموذج النظري في حساب دالة التوزيع الكهربائي المجهرى	
19	1.3 النموذج.....
22	2.3 نتائج ومناقشة.....
27	3.3 الخلاصة.....
82	خلاصة عامة.....
03	المراجع.....

## فهرس الأشكال

- الشكل 1.2 مقارنة بين الدالة التوزيع القطرية لكمون ديبياي غير الخطي المستخدم في هذا العمل و دالة التوزيع لكمون ديبياي الخطي من أجل  $v = 0.6$  ..... 15
- الشكل 2.2 دالة التوزيع القطرية لتفاعل ديبياي غير الخطي من أجل  $v = 1, 2, 3$  ..... 17
- الشكل 1.3 مخطط سير عملية برنامج حساب دالة التوزيع للحقل الكهربائي ..... 23
- الشكل 2.3 مقارنة بين  $nh(x)$  المحسوبة في هذا العمل (تفاعل ديبياي غير الخطي) وتلك المحسوبة بالعلاقة  $x^2(1.12 - 0.373 x^{0.199})$  من أجل  $v = 0.2$  [7][8] ..... 24
- الشكل 3.3 مقارنة دالة التوزيع الحقل الكهربائي  $H(\beta)$  المحسوبة من هذا العمل وتلك المحسوبة من طرف Hopper[9] من أجل  $v = 0, 2$  ..... 24
- الشكل 4.3 مقارنة دالة التوزيع الحقل الكهربائي  $H(\beta)$  المحسوبة من هذا العمل وتلك المحسوبة من طرف Hopper[9] من أجل  $v = 0, 4$  ..... 25
- الشكل 5.3 مقارنة بين دالة التوزيع الحقل الكهربائي  $H(\beta)$  المحسوبة في هذا العمل وتلك المحسوبة من طرف B.Held[10] من أجل  $v = 1$  ..... 25
- الشكل 6.3 دالة التوزيع الحقل الكهربائي من أجل قيم مختلفة  $v = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$  ..... 26

## فهرس الجداول

- الجدول 1.2 قيم دالة الترابط الناتجة عن تفاعل ديبياي غير خطي  $g(y)$  و تلك الناتجة عن تفاعل ديبياي الخطي  $g_{DL}(y)$  من أجل  $v = 0.8$  ..... 16

## المقدمة

أدخل مصطلح البلازما من طرف *langmuir* و *Tonks* في 1929 من أجل وصف حالة غاز مؤين منتج داخل انبوب التفريغ الكهربائي، لكن الملاحظات حول هذا الموضوع كانت قبل هذا بكثير من طرف العالم الإنجليزي *Sir William Crookes* 1979 [1].

تعتبر البلازما الحالة الرابعة للمادة تصاعديا مع زيادة درجة الحرارة، تشكل البلازما نسبة 99% من الفضاء. أين التعقيدات في هذه المادة تتطلب تدخل كل تخصصات الفيزياء (ميكانيك الاحصائي، نظرية الحركة، ترموديناميك...).

حيث نميز ثلاثة أنواع من البلازما [1]:

- ✓ البلازما الباردة: الأيونات والجسيمات المتعادلة تبقى في درجة حرارة أقل  $10^3 K^\circ$  (تدخل في دراسة السطوح في تحضير مواد جديدة وتوليد الأزون).
- ✓ البلازما الحرارية: التي تتميز بدرجة حرارة بأكثر من  $3 \times 10^3 K^\circ$  (يستخدم ان فراغ القوس الكهربائي، في اللحام والقطع والتنقية من التلوث وغيرها).
- ✓ البلازما الحارة: توافق درجة حرارة أكبر من  $10^6 K^\circ$  (تستخدم في إنتاج الطاقة الحركية انطلاقا من الإندماج النووي المتحكم به).

ديناميك الجسيمات في البلازما يخضع الى الحقول الكهربائية المطبقة والمنتجة داخل البلازما من طرف الجسيمات المشحونة نفسها (أيون-أيون)، التفاعلات الأساسية بينها هي تفاعلات كهروستاتيكي، نستخدم في هذا العمل تفاعل ديباي غير الخطي وهو يحتوي على تصحيح من شكل كثير حدود لتفاعل ديباي الخطي، والناتج عن حل معادلة بواسن للشحنة بدون الاعتبارات الاعتيادية (التزاوج الضعيف).

المعلومات المحتواة في الطيف لاتتعلق فقط بالفيزياء الذرية للذرة أو أيون المشع، تتعلقبفيزياء البلازما المحيطة بهذا الأيون .هذا التعلق هو نتيجة مباشرة لتفاعل بين أيون المشع (المصدر) والايونات القريبة.

تدرس البلازما من خلال الاشعاع الكهرومغناطيسي الصادر عنها، إذ يحلل الطيف الوارد منها كيفيا [2] لمعرفة العناصر التي تشكل هذه البلازما وكذا معرفة التراكيز ودرجة الحرارة، فدراسة الطيف تعتبر كتشخيص لفهم حالة البلازما.

من المعروف أن أشكال خطوط الطيف الصادرة نتيجة لتفاعل الجسيمات فيما بينها ، يؤدي الى تعريضها،ومن الاسباب التي تؤدي الى تعريض الخطوط الطيفية تأثير الحقل الكهربائي الموضوعي.

لايزال الیحد الیوم هذا الموضوع یشکل إنشغال الباحثین حیث یسعو لایجاد دوال توزیع الحقل الكهربائي الموضوعي منذ 1919 (Holtsmark).

تتضمن المذكرة فصلين هامين، الفصل الأول يحتوي على مدخل حول عموميات البلازما وتاريخها وأهم مقاديرها وتفاعل ديباي غير الخطي بالإضافة إلى دالة التوزيع القطرية. وأهمنا الفصل بحساب دالة التوزيع القطرية من تفاعل ديباي غير الخطي أما بالنسبة للفصل الثاني دراسة نظرية حول دوال التوزيع الحقل المجهرى في البلازما ذات مركب واحد، حيث عرفنا النموذج النظري ثم النتائج والمقارنات وفي النهاية نقد خلاصة عامة مع آفاق ممكنة لهذا البحث.

## الفصل الأول

### مدخل إلى البلازما

سنعرض في هذا الفصل ماهية البلازما وأهم المقادير الواصفة للبلازما، طول ديبي (Debye length)، تواتر البلازما (*plasma frequency*)، نصف قطر الكرة الأيونية (*ionicsphereradius*) و معامل التزاج (*couplingparameter*) التي تلعب دورا أساسيا في فيزياء البلازما. تستخدم كوحدة لسلم القياس لتمثيل كل القيم بدون وحدة، وتسمح أيضا بالمقارنة القيم بالنسبة إلى النظام الفيزيائي وسنعرض هذه المقادير في النظام CGS.

#### 1.1 نبذة تاريخية لماهية البلازما

لوحظت البلازما للمرة الأولى في أنبوبه كروكس من طرف ليلسيرويليامكروكس في العام 1879 وسميت وقتها بالمادة المشعة . وأدخل مفهوم البلازما كتجمع للحسيمات المشحونة في 1923 من طرف *Langmuir* و *Tonks* أثناء دراستهما للظواهر التي تتم في التفريغ الكهربائي في الغازات لوصف الغاز المؤين داخل الأنبوب. ونعرف البلازما عند التوازن الترموديناميكي، بلها غاز مؤين جزئيا مؤلف من عدد كبير من الأيونات موجبة الشحنة والإلكترونات سالبة الشحنة بأعداد متساوية تقريبا ومن ذرات معتدلة ذات سلوكية جماعية [1][2] .

تبادل الجسيمات المشحونة التأثير بينها بقوة كهروستاتيكية (كولوم أو تفاعل ديباي الخطي أو تفاعل ديباي غير الخطي) وذرات معتدلة تتفاعل بقوة فان ديرفالس *Van der Waals*. يسمح هذا التعريف بوصف البلازما بأنها الحالة الرابعة للمادة عند تزايد درجة الحرارة من الحالة الصلبة فإلى الحالة الغازية، وهي الحالة الأكثر شيوعاً في الطبيعة حيث تشكل 99% من الجزء المرئي من الكون، لكنها تختلف عن الحالات الثلاثة السابقة وذلك لاحتوائها على جسيمات مشحونة قابلة للحركة بصورة مستقلة متأثرة بالحقول الكهرومغناطيسية.

يمكن وصف البلازما بوسطين أساسيين هما الكثافة الإلكترونية  $n_e$  وطاقة الإثارة الحرارية  $K_B T_e$ . حيث يتغير الوسيط الأول على مدى 28 مرتبة من  $1\text{Cm}^{-3}$  إلى  $10^{28}\text{Cm}^{-3}$  أما الثاني فيمكن أن يتغير على مدى سبع مراتب من  $0.1\text{eV}$  إلى  $10^6\text{eV}$  [2]. وأهم خصائص البلازما [3]:

✓ **التوصيل الكهربائي**: بما أن البلازما غاز عالي التأين فلذلك تعد موصلاً جيداً للكهرباء تتبادل هذه الجسيمات المشحونة التأثير مع الحقل الكهرومغناطيسي الموضعي.

✓ **التعادل الكهربائي في البلازما**: بالرغم من أن البلازما تحوي عدداً هائلاً من الشحنات الحرة إلا أنها تبقى متعادلة كهربائياً، ذلك أن المجموع الجبري للشحنات الموجبة والسالبة في عينة منها معدوم.

✓ **حمل الذبذبات**: إحدى الصفات المهمة للبلازما هي قابليتها لحمل الذبذبات وبث الموجات ويمكن أن تحدث أنواع من السلوك التذبذبي.

✓ **انحباس البلازما**: تكون البلازما في مفاعلات الالتحام النووي حارة جداً لذا تعلق البلازما وسطها بحقل مغناطيسي يمنع تماسها بالحدار الداخلي لقلب المفاعل.

## 2.1 المقادير الهامة في البلازما

### 1.2.1 نصف قطر ديباي



ترجع هذه التسمية إلى العالم الهولندي بيتر ديبي، ويعرف طول ديبي على أنه المسافة التي عندها تقريبا يحدث حجب لتأثير الشحنة و يزداد نصف قطر ديبي مع ازدياد درجة الحرارة ويتناقص مع الكثافة ويعطى طول ديبي بالعلاقة التالية [1][4]:

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{K_B T}{4\pi n (Ze)^2}} \quad (1.1)$$

حيث  $K_B$  ثابت بولتزمان،  $e$  الشحنة الالكترونية،  $T$  درجة الحرارة المطلقة بالكلفن،  $n = n_e$  الكثافة الايونية.

### 2.2.1 تردد البلازما

إن للتفاعلات الجماعية دورا مهما في وجود اهتزازات في البلازما، فعند انزياح جسيماتها المشحونة ايجابيا (الأيونات مثلا) من وضع توازنها، تصبح الشحنة السالبة هي الغالبة مما يؤدي إلى نشوء حقل كهربائي داخلي يحاول إعادة اتزان هذه الجسيمات، فيؤدي ذلك إلى حدوث اهتزازات في البلازما تدعى التردد الأيوني للبلازما يعطى بالعلاقة [4]:

$$\omega_p = \sqrt{(4\pi n (Ze)^2 / m)} \quad (2.1)$$

### 3.2.1 نصف قطر الكرة الأيونية

المسافة المتوسطة بين أيونين من أجل بلازما ذات نوع واحد معرفة بكثافتها الأيونية  $n$ ، تسمى نصف قطر الكرة الأيونية ( $r_0$ ) وتعطى بالعلاقة [1][4]:

$$\left(\frac{4}{15}\right) (2\pi)^{3/2} n r_0^3 = 1 \quad (3.1)$$

### 4.2.1 معامل التزواج

يساعد على معرفة مدى التزواج بين جسيمات البلازما وهو يمثل النسبة بين الطاقة الكامنة المتوسطة والطاقة الحركية المتوسطة للجسيمات ويعرف بالعلاقة التالية [1]:

نستطيع أن نستخدم نصف قطر ديبي بدل نصف قطر الكرة الأيونية ويصبح معامل التزاوج:

$$F = \frac{(Ze)^2}{K_B T \lambda_D} \quad (5.1)$$

ندخل معامل الارتباط:

$$v = \frac{r_0}{\lambda_D}$$

يعطى معامل الارتباط الحد الفاصل بين التفاعل الضعيف والتفاعل القوي بالشرط  $v = 1$  حيث:

$v > 1$  تفاعل ضعيفة.

$v < 1$  تفاعل قوى.

بتعويض المعادلة (1.1) و (3.1) في المعادلة (4.1) و (5.1) نحصل على:

$$\Gamma = \frac{\left(\frac{4}{15}\right) (2\pi)^{\frac{3}{2}}}{\lambda_D^2 4\pi r_0} r_0^3 = \left(\frac{2}{15}\right) (2\pi)^{\frac{1}{2}} v^2 \simeq \frac{v^2}{3} \quad (6.1)$$

$$F = \frac{\left(\frac{4}{15}\right) (2\pi)^{\frac{3}{2}}}{\lambda_D^2 4\pi \lambda_D} r_0^3 = \left(\frac{2}{15}\right) (2\pi)^{\frac{1}{2}} v^3 \simeq \frac{v^3}{3} \quad (7.1)$$

### 3.1 خلاصة

ناقشنا في هذا الفصل تعريف للبلازما، فقدمنا نبذة تاريخية حول دخول مصطلح البلازما، تطرقنا أيضا إلى أهم المقادير في

الفيزياء البلازما، التي لها دورا هاما في فهم البلازما و أيضا جعل المقادير الأخرى بدون وحدة.

## الفصل الثاني

### تفاعل ديباي غير الخطي بين الايونات الموجبة

ديناميك البلازما لا تتعلق فقط بفيزياء الأيون الشائبة، بل تتعلق بفيزياء البلازما المحيطة بهذا الأيون. هذا التعلق هو نتيجة مباشرة لتفاعل بين أيون الشائبة والايونات القريبة. الكمون الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية  $Ze$  في البلازما يختلف عن كمونها في الفراغ المعطى بقانون كولون  $\varphi(r) = Ze/r$ ، من الملاحظ ان الكمون في البلازما يتناقص أسيا مع المسافة، ويعود السبب الى ان الجسيمات المشحونة بالإشارة المخالفة (الالكترونات) تتجمع حول الشحنة وهو ما يقود إلى حجب كمون الشحنة النقطية  $Ze$  على المسافات الكبيرة ( $r > \lambda_D$ ) أما المسافات الصغيرة ( $r < \lambda_D$ ) فهو لا يختلف عن كمونها في الفراغ. يحسب الكمون الكهربائي باستعمال معادلة بواسون، والتي يعطى حلها في حالة الافتراضات الاعتيادية، اي في حالة بلازما ضعيفة الترابط ( الطاقة الكامنة الكهروستاتيكية صغيرة جدا مقارنة مع الطاقة الحرارية)، بعلاقة ديباي الخطية:

$$\varphi(r) = \frac{Ze}{r} e^{-r/\lambda_D}$$

في هذا الفصل سنقوم بحل معادلة بواسون بدون هذه الافتراضات الاعتيادية، وذلك باستخدام تقريب الشبه كسري (*quasifractional in two points*) أعمال Pérez و Martín 1998، الذي يعتبر كتصحيح للصيغة السابقة (ديباي غير خطي) ومن خلال حساب الكمون يمكن حساب طاقة التفاعل وأيضا دالة الترابط القطرية.

## 1.2 كمون حجب ديبي غير الخطي

نفرض أن كل أيون ذو الشحنة  $Ze$  والخلفية المستمرة المرظمة للإلكترونات تتفاعل كل منهما مع أيون مركزي (شائبة)  $Z_1e$  خلال دراستنا سنأخذ الأيون المركزي نفس النوع من الأيونات المولدة للكمون  $Z_1 = Z = 1$  بواسطة الكمون المتوسط  $\varphi(r)$  فقط، وبإهمال الفعل الكومومي، فإن هذا الكمون يغطى اعتماداً على معادلة بواسون لكثافة الشحنة  $\rho(r)$  التالية:

$$\nabla^2 \varphi(r) = -4\pi\rho(r) = 4\pi Z e n_0 - 4\pi Z e n_0 \exp\left(-\frac{Ze\varphi(r)}{K_B T}\right) - 4\pi Z_1 e \delta(r) \quad (1.2)$$

وهي معادلة تفاضلية غير خطية، الهدف من هذا الجزء من المذكرة هو إيجاد حل تقريبي نظري للمعادلة (1.2) بدون الافتراضات الخطية الاعتيادية (الطاقة الكامنة صغيرة جداً مقارنة بالطاقة الحركية)، وذلك عن طريق تقنية تقري ب شبه-كسري (*quasifractional in two points*) لنقطتين (Pérez و Martin 1991) [5].

نضع الكمون  $\varphi(r)$  كتركيب لكمون الناتج عن الأيون المركزي والكمون الناتج عن الشحن المحاطة بالأيون المركزي أي:

$$\varphi(r) = \frac{Z_1 e}{r} + V(r)$$

و بإدخال المقادير بدون بعد التالية:

$$Y(r) = \frac{ZeV(r)}{K_B T},$$

$$F = \frac{Z_1 Ze^2}{\lambda_D K_B T}$$

$$x = \frac{r}{\lambda_D}, \quad \lambda_D = \sqrt{\frac{k_B T}{4\pi n_0 (Ze)^2}}$$

تصبح المعادلة (1.2) على الشكل :

$$\begin{aligned}\nabla^2 \left( \frac{Z_1 e}{r} + V(r) \right) &= \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{d}{dr} \left( \frac{Z_1 e}{r} + V(r) \right) \right) \\ &= 4\pi Z e n_0 \left( 1 - \exp \left( -\frac{Z_1 Z e^2}{k_B T \frac{r}{\lambda_D} \lambda_D} - \frac{Z e V(r)}{K T} \right) \right)\end{aligned}$$

$$\frac{1}{x^2} \frac{1}{\lambda_D^2} \frac{d}{dx} \left( x^2 \frac{dV(x)}{dx} \right) = \frac{4\pi Z e n_0}{K_B T} \left[ 1 - \exp \left( -\frac{F}{x} - Y(x) \right) \right] \frac{Z e}{Z e} K_B T$$

$$\frac{1}{x^2} \frac{d}{dx} \left( x^2 \frac{dY}{dx} \right) = 1 - \exp \left( -\frac{F}{x} - Y(x) \right) \quad (2.2)$$

أين  $Y(x)$  يحقق الشروط الحدية التالية:

$$Y(0) = C_0, \quad Y(\infty) \simeq -\frac{F}{x} \quad (3.2)$$

بوضع:

$$Y(x) = \frac{F}{x} \tilde{y}(x)$$

فتصبح المعادلة (2.2) كما يلي:

$$\frac{1}{x^2} \frac{d}{dx} \left( x^2 \frac{d}{dx} \left( \frac{F}{x} \tilde{y}(x) \right) \right) = 1 - \exp \left( -\frac{F}{x} - \frac{F}{x} \tilde{y}(x) \right)$$

$$\frac{1}{x^2} \frac{d}{dx} \left( -F \tilde{y}(x) + F x \frac{d\tilde{y}}{dx} \right) = \frac{F}{x} \frac{d^2 \tilde{y}}{dx^2} = 1 - \exp \left( -\frac{F}{x} (1 + \tilde{y}(x)) \right)$$

$$\tilde{y}'' = \frac{x}{F} \left[ 1 - \exp \left( -\frac{F}{x} (1 + \tilde{y}(x)) \right) \right] \quad (4.2)$$

لبناء حل تقريبي صالح من اجل كل قيم  $x$  في المجال  $[0, \infty]$ ، من الضروري إيجاد حل للمعادلة التفاضلية عند الحدود  $x \gg F$  و

$F \ll x$  من الملائم وضع متغيرات أخرى:

$$s = \frac{x}{F}, \quad y(s) =$$

فتصبح المعادلة (4.2):

$$\frac{1}{F^2} \frac{d^2}{ds^2} \tilde{y}(Fs) = s \left[ 1 - \exp\left\{-\frac{1}{s} (1 + \tilde{y}(Fs))\right\}\right]$$

$$\frac{d^2 y(s)}{ds^2} = y''(s) = F^2 s \left[ 1 - \exp\left(-\frac{1 + y(s)}{s}\right) \right] \quad (5.2)$$

حيث الشروط الحدية التالية:

$$y(s \rightarrow 0) = 0, \quad y(s \rightarrow \infty) = -1, \quad y'(s \rightarrow 0) = Y(0) = C_0 \quad (6.2)$$

من اجل قيم صغيرة للمتغير  $s$  يمكن تقريب المعادلة (5.2) الى الصيغة:

$$s \rightarrow 0, y(0) = 0 \rightarrow y_1''(s) = F^2 s \quad (7.2)$$

باستخدام الشروط الحدية (6.2)، حل المعادلة التفاضلية (5.2) يعطى:

$$y_1'(s) = \frac{F^2 s^2}{2} + K_1, y_1'(s \rightarrow 0) = C_0 = K_1$$

$$y_1(s) = \frac{F^2 s^3}{6} + C_0 s + K_2, \quad y_1(s \rightarrow 0) = 0 = K_2$$

$$y_1(s) = \frac{F^2 s^3}{6} + C_0 s \quad (8.2)$$

من اجل  $s \rightarrow \infty$  تأخذ المعادلة (5.2) الشكل التقريبي التالي:

$$s \rightarrow \infty \rightarrow \exp\left(-\frac{1 + y_2(s)}{s}\right) \simeq 1 - \frac{1 + y_2(s)}{s}$$

$$y_2''(s) \simeq F^2 s \left[ 1 - 1 + \frac{1 + y_2(s)}{s} \right] \simeq F^2 [1 + y_2(s)]$$

حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل :

$$y_2(s) = C_1 \exp(-Fx) + C_2 \exp(+Fx) - 1$$

$$y_2(s \rightarrow \infty) = 0 \Rightarrow y_2 = C_1 \exp(-Fx) - 1$$

لدينا الآن كل المعلومات الضرورية لتطبيق التقريب الشبه-كسري (*quasifractional approximant*) وصياغة الحل

الصحيح  $y(s)$  للمعادلة (5.2)، حيث عبارة  $y(s)$  يجب ان تعطى عند الحدود  $s \rightarrow 0$  و  $s \rightarrow \infty$  الدوال  $y_1(s)$  و  $y_2(s)$  على

الترتيب من أجل ذلك نفرض الحل على الشكل:

$$y(s) = \frac{1 + P_1 s + P_2 s^2 + P_3 s^3}{(1 + s)^3} \exp(-Fs) - 1 \quad (9.2)$$

لإيجاد المعاملات  $P_3$  و  $P_2, P_1$  نقوم بنشر  $y(s)$  من الدرجة الثالثة عند  $s = 0$  و بمقارنة هذا النشر مع  $y_1(s)$  نجد:

$$\exp(-Fs) \simeq 1 - Fs + \frac{F^2 s^2}{2} - \frac{F^3 s^3}{6}$$

$$(1 + s)^{-3} \simeq 1 - 3s + 6s^2 - 10s^3$$

$$\begin{aligned} y(s) &= (1 - 3s + 6s^2 - 10s^3)(1 + P_1 s + P_2 s^2 + P_3 s^3) \left( 1 - Fs + \frac{F^2 s^2}{2} - \frac{F^3 s^3}{6} \right) - 1 \\ &= 1 + P_1 s + P_2 s^2 + P_3 s^3 - Fs - FP_1 s^2 - FP_2 s^3 + \frac{F^2}{2} s^2 + \frac{F^2}{2} P_1 s^3 - 3s \\ &\quad - 3P_1 s^2 - 3P_2 s^3 + 6s^2 + 6P_1 s^3 - 10s^3 - 1 = \frac{F^2 s^3}{2} + C_0 s \end{aligned}$$

بالمقارنة نحصل على:

$$P_1 = 3 + F + C_0$$

$$P_2 = 3 + 3F + \frac{1}{2}F^2 + (3 + F)C_0$$

$$P_3 = 1 = 3F + \frac{5}{3}F^2 + \frac{1}{6}F^3 + \left( 3 + 3F + \frac{1}{2}F^2 \right) C_0$$

المعاملات  $P_i$  تتعلق بالمعامل  $F$  والثابت  $C_0$ . أيضا يمكننا ايجاد التقريب  $lanoitcarfisauq$  للثابت  $C_0$  تعتمد العملية على ايجاد حل

للمعادلة (2.2) عند  $F \leftarrow 0$  و  $F \leftarrow \infty$ .

عند  $F \leftarrow 0$  تكتب المعادلة (4.2) كما يلي:

$$\frac{d^2 \tilde{y}(x)}{dx^2} = \frac{x}{F} \left[ 1 - 1 + \frac{F}{x} (1 + \bar{y}(x)) \right]$$

$$\tilde{y}''(x) = 1 + \tilde{y}(x)$$

معادلة تفاضلية حلها من الشكل:

$$\tilde{y}(x) = \exp(-x) - 1$$

$$Y(x) = \frac{F}{x} [\exp(-x) - 1]$$

باسيخدام الشروط الابتدائية (3.2) نجد أن:

$$Y(0) = C_0 \simeq -F$$

عندما  $F \leftarrow \infty$  أي  $s = \frac{x}{F} \leftarrow 0$ ، الحل الموافق للمعادلة (7.2) يعطى:

$$x = SF \Rightarrow Y(x) \simeq \frac{x^2}{6} + C_0 = Y_a(x)$$

ومن جهة ثانية  $x \leftarrow \infty$  وباستخدام الشروط الحدية (3.2) نجد:

$$Y(x) = \frac{-F}{x} = Y_b(x)$$

باستخدام  $Y_b(x) = Y_a(x)$  و  $Y_b'(x) = Y_a'(x)$  نجد أن:

$$c_0 = -\left(\frac{3^{\frac{2}{3}}}{2}\right) F^{\frac{2}{3}}$$



باستخدام القيم الحدية لـ  $C_0$  عند  $F \leftarrow 0$  و  $F \leftarrow \infty$ . نستطيع ان نفرض علاقة بإتباع تقريب  $lanoitcarfisauq$  من أجل أي قيمة لـ  $F$ :

$$C_0 = -F / (1 + (\frac{8}{9}F)^\alpha)^{\frac{1}{3\alpha}}$$

أين قيمة  $\alpha$  نحسب عدديا وتأخذ قيمتها  $\alpha = \frac{3}{5}$  عند تعويض قيم الحل نحصل في الاخير على:

$$\begin{aligned} \tilde{y}''(s) &= \frac{x}{F} [1 - \exp(-\frac{F}{x}(1 + g(s) \exp(-FS) - 1))] \\ &= \frac{x}{F} [1 - \exp(-\frac{F}{x} g(s) \exp(-FS))] \end{aligned}$$

لدينا:

$$Y(r) = \frac{Z_e V(r)}{kT} \rightarrow \frac{kT}{Z_e} Y(r) + \frac{z_1 e}{r} = \varphi(r)$$

وفي الأخير نحصل على قيمة الكمون:

$$\begin{aligned} \varphi(r) &= \frac{K_B T}{Z_e} \left( \frac{F \lambda_D}{r} \right) [g(s) \exp(-Fs) - 1] + \frac{z_1 e}{r} \\ &= \frac{K_B T}{Z_e} \frac{Z_1 Z_e^2}{\lambda_D K_B T} \left[ \frac{\lambda_D}{r} \right] \left[ g(s) \exp\left(-\frac{r}{\lambda_D}\right) - 1 \right] + \frac{z_1 e}{r} \\ \varphi(r) &= \frac{z_1 e}{r} g(s) \exp\left(-\frac{r}{\lambda_D}\right) \quad (10.2) \end{aligned}$$

## 2.2 دالة الترابط القطرية

نعرف  $P(\vec{r}_1, \vec{r}_2) d\vec{r}_1 d\vec{r}_2$  احتمال إيجاد جسمين متموضعين عند  $\vec{r}_1$  و  $\vec{r}_2$  في الفضاء حيث [1]:

$$\iint P_s(\vec{r}_1, \vec{r}_2) d\vec{r}_1 d\vec{r}_2 = 1$$

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

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

عندما تكون أحد الجسيمات في مبدأ الإحداثيات تصبح العلاقة السابقة:

$$\frac{1}{V} \int g(r) d\vec{r} = 1$$

دالة الترابط القطرية يمكن التعبير عنها بعلاقة بسيطة بدلالة طاقة التفاعل بين الجسيمين  $[1]v(r)$ :

$$g(r) = \exp\left(-\frac{v(r)}{K_B T}\right)$$

$K_B$ : ثابت بلترمان

و باستخدام العلاقة (10.2):

$$v(r) = \frac{Z_1 Z e^2}{r} g(s) \exp\left(-\frac{r}{\lambda_D}\right)$$

$$g(r) = \exp\left(-\frac{Z_1 Z e^2}{K_B T r} g(s) \exp\left(-\frac{r}{\lambda_D}\right)\right) \quad (11.2)$$

بوضع:  $y = r/r_0$  تصبح دالة الترابط لتفاعل ديباي غير الخطي:

$$g(y) = \exp\left(-\frac{Z_1 Z \Gamma}{y} g(s) \exp(-vy)\right) \quad (12.2)$$

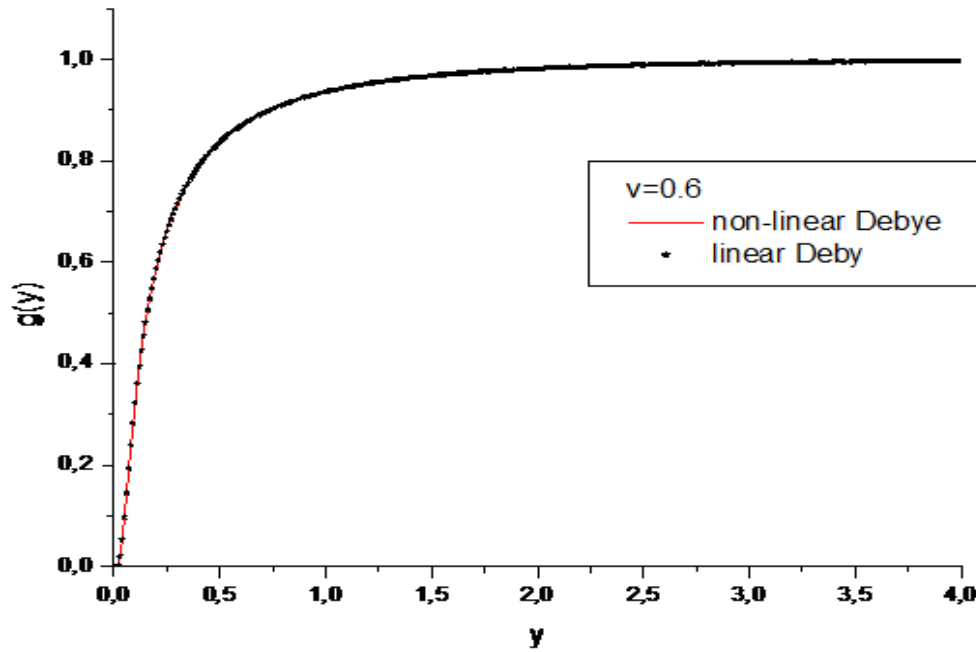
نذكر أن دالة الترابط القطرية في حالة تفاعل ديباي الخطي تعطى بالعلاقة التالية:

$$g_{DL}(y) = \exp\left(-\frac{z_1 Z \Gamma}{y} \exp(-vy)\right) \quad (13.1)$$

عندما المسافة بين الجسيمات تؤول إلى الصفر الارتباط يزداد و  $g(r)$  تنعدم و عندما المسافة بين الجسيمات تؤول إلى ملامحية فإن  $g(r)$  تساوي الواحد.

### 3.2 النتائج والمناقشة

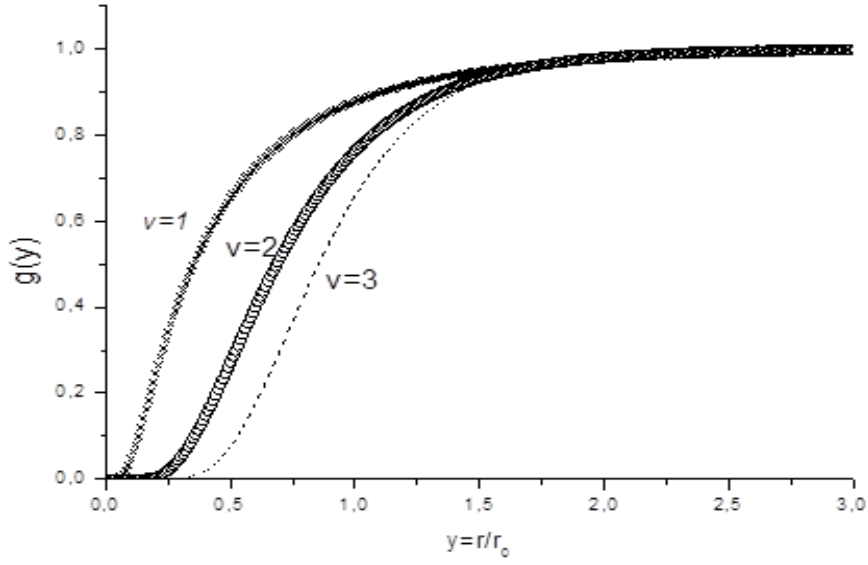
بتعويض قيم المعاملات في دالة الترابط القطرية الناتجة من تفاعل ديباي غير خطي المعطاة بالمعادلة رقم (11.2) ، وكذا الناتجة عن تفاعل ديباي الخطي المعطاة بالمعادلة (12.2) ، نحصل على النتائج التالية:



الشكل 1.2 مقارنة بين الدالة التوزيع القطرية لكمون ديباي غير الخطي المستخدم في هذا العمل و دالة التوزيع لكمون ديباي الخطي من أجل  $v=0,6$

الجدول 1.2 قيم دالة الترابط الناتجة عن تفاعل ديبياي غير الخطي  $g(y)$  و تلك الناتجة عن تفاعل ديبياي الخطي  $g_{DL}(y)$  من اجل  $v = 0.8$ .

1.000000E-01	1.369608E-01	1.395524E-01
2.000000E-01	3.971163E-01	4.029457E-01
3.000000E-01	5.649964E-01	5.715634E-01
4.000000E-01	6.725989E-01	6.789013E-01
5.000000E-01	7.455435E-01	7.512602E-01
6.000000E-01	7.974437E-01	8.025092E-01
7.000000E-01	8.357843E-01	8.402274E-01
8.000000E-01	8.649459E-01	8.688269E-01
9.000000E-01	8.876430E-01	8.910290E-01
1.000000	9.056391E-01	9.085941E-01
1.100000	9.201260E-01	9.227077E-01
1.200000	9.319361E-01	9.341952E-01
1.300000	9.416671E-01	9.436473E-01
1.400000	9.497581E-01	9.514969E-01
1.500000	9.565385E-01	9.580680E-01
1.600000	9.622594E-01	9.636071E-01
1.700000	9.671152E-01	9.683048E-01
1.800000	9.712586E-01	9.723102E-01
1.900000	9.748108E-01	9.757419E-01
2.000000	9.778690E-01	9.786946E-01
2.100000	9.805118E-01	9.812449E-01
2.200000	9.828035E-01	9.834552E-01
2.300000	9.847969E-01	9.853771E-01
2.400000	9.865358E-01	9.870528E-01
2.500000	9.880566E-01	9.885178E-01
2.600000	9.893898E-01	9.898017E-01
2.700000	9.905611E-01	9.909293E-01
2.800000	9.915922E-01	9.919217E-01
2.900000	9.925017E-01	9.927967E-01
3.000000	9.933053E-01	9.935697E-01
3.100000	9.940163E-01	9.942536E-01
3.200000	9.946467E-01	9.948596E-01
3.300000	9.952061E-01	9.953974E-01
3.400000	9.957032E-01	9.958752E-01
3.500000	9.961457E-01	9.963003E-01
3.600000	9.965398E-01	9.966790E-01
3.700000	9.968913E-01	9.970167E-01
3.800000	9.972051E-01	9.973181E-01
3.900000	9.974856E-01	9.975875E-01
4.000000	9.977365E-01	9.978284E-01



الشكل 2.2 دالة التوزيع القطرية لكمون ديبياي غير الخطي من أجل  $\nu = 1, 2, 3$ .

يوضح الشكل 1.2 مقارنة بين دالة التوزيع القطرية الناتجة عن كمون ديبياي غير الخطي المستخدم في هذا العمل ودالة التوزيع لكمون ديبياي الخطي من أجل  $\nu = 0,6$  عند بلازما ضعيفة الارتباط. حيث نلاحظ تطابق بين المنحنيين و اختلاف طفيف جدا وهذه النتيجة منتظرة.

لملاحظة الفرق جيدا بين الحالتين ، يوضح الجدول 1.2 القيم العددية لدالة الارتباط الناتجة عن تفاعل ديبياي غير خطي ودالة الترابط القطري في حالة ديبياي الخطي من أجل معامل الترابط  $\nu = 0,8$ . و يمثل الشكل 2.2 دالة التوزيع القطرية الناتجة عن تفاعل ديبياي غير الخطي من أجل معامل الارتباط  $\nu = 1,2,3$  حيث نلاحظ عند زيادة معامل الارتباط (معامل التزاوج) يتراوح المنحنى نحو اليمين.

#### 4-الخلاصة

وتطرقنا الى موضوع هام يدخل في العديد من المقادير وهو حساب الكمون الناتج عن شحنة نقطية، اعتبارا من حل معادلة بواسن اعتمادا على بعض التقريبات حيث لاحظنا تأثير الالكترونات (الحجب)، تم حساب في هذا العمل كمون ديباي غير خطي و دالة التوزيع القطرية بدلالة تفاعل ديباي غير الخطي وتمت مقارنة و مناقشة نتائجها .

## الفصل الثالث

### النموذج النظري في حساب دالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري

إن معرفة دالة التوزيع للحقل الكهربائي المجهري في البلازما تعتبر عنصراً هاماً جداً في حل ومعالجة مسائل عديدة، وخاصة التي تتعلق بحساب تعريض خطوط الطيف الصادرة من الأيونات في البلازما. حساب هذه الدالة درس لأول مرة من طرف *Holtmark* سنة 1919 [1]، حيث أهمل الارتباط بين الأيونات المولدة للحقل الكهربائي (نموذج الجسيمات المستقلة)، توالت بعدها الأعمال حتى للوقت الحاضر بتقريبات مختلفة، أغلبها تعتمد على تفاعل ديباي الخطي بين الأيونات أو تفاعل كولوم. النموذج الذي سوف ندرسها هو حساب نظري لدالة توزيع الحقل الكهربائي، وذلك عن طريق حساب الحقل الكهربائي المجهري الناتج عن تفاعل ديباي غير الخطي بين الأيونات المشحونة المكونة للبلازما ذات مركب واحد *OCP* مع الشائبة (نمّل التفاعل بين أيونات البلازما).

#### 1 النموذج

نحسب الحقل الكهربائي المجهري المؤثر على الشائبة '1' شحنتها  $Z_1 e$  موضوعة عند  $\vec{r}_1$ ، هذا الحقل ناتج من طرف مجموع أيونات البلازما ذات الشحنة  $Ze$  (نأخذ الحالة  $Z = Z_1$ ). يوصف التفاعل بين الأيون الشائب وإيونات البلازما بتفاعل ديباي غير خطي المستخرج في الفصل الأول، وتكتب العلاقات في الميكانيك الإحصائي الكلاسيكي.

الطاقة الكامنة المؤثرة على الشاتبة من طرف ايونات البلازما تعطى:

$$V_{i1}(r) = \sum_{i=2}^N \frac{Z_1 Z e^2}{r_{i1}} g(s_{i1}) \exp\left(-\frac{r_{i1}}{\lambda_D}\right) \quad (1.3)$$

حيث:

$$g(s_{i1}) = \frac{1 + p_1 s_{i1} + p_2 s_{i1}^2 + p_3 s_{i1}^3}{(1 + s_{i1})^3}, \quad s_{i1} = r_{i1}/F\lambda_D$$

الحقل الكهربائي الأيوني عند  $\vec{r}_1$ ، المحجوب بواسطة الالكترونات بحسب بالطريقة التالية:

$$\vec{E} = -\frac{1}{Z_1 e} \vec{\nabla} V_{i1} = \sum_{i=2}^N Z e f(r_{i1}) \frac{(\vec{r}_1 - \vec{r}_i)}{r_{i1}} \quad (2.3)$$

$$f(r) = \frac{1}{r^2} \left[ \left(1 + \frac{r}{\lambda_D}\right) g(s) - r \frac{dg(s)}{dr} \right] \exp\left(-\frac{r}{\lambda_D}\right)$$

حيث:

$$\frac{dg(s)}{ds} = g'(s) = \frac{d}{ds} \left( \frac{1 + p_1 s + p_2 s^2 + p_3 s^3}{(1 + s)^3} \right) = \frac{p_1(1 - 2s) + p_2(2s - s^2) + 3p_3 s^2 - 3}{(1 + s)^3}$$

نعرف دالة توزيع الحقل الجهري الكهربائي  $W(\vec{E})$  على انها كثافة الاحتمال للإيجاد الحقل الكهربائي  $\vec{E}$  يساوي  $\vec{E}$  عند  $\vec{r}_1$ . اذا

اعتبرنا ان النظام يوصف بالميكانيك الاحصائي الكلاسيكي فان  $W(\vec{E})$  تكتب:

$$W(\vec{E}) = \langle \delta(\vec{E} - \vec{E}) \rangle \quad (3.3)$$

المعتز  $\langle \dots \rangle$  يمثل القيمة المتوسطة عند التوازن.



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

$$\begin{aligned} F(\vec{k}) &= \int \exp(i\vec{k} \cdot \vec{E}) W(\vec{E}) d\vec{E} \\ &= \int \exp(i\vec{k} \cdot \vec{E}) \langle \delta(\vec{\varepsilon} - \vec{E}) \rangle d\vec{E} \\ F(\vec{k}) &= \langle \exp(i\vec{k} \cdot \vec{E}) \rangle \end{aligned} \quad (4.3)$$

والتحويل العكسي:

$$W(\vec{E}) = \frac{1}{(2\pi)^3} \int \exp(-i\vec{k} \cdot \vec{E}) F(\vec{k}) d\vec{k} \quad (5.3)$$

يسمى  $F(\vec{k})$  طيف الدالة (spectral function) ويساوي [7][8]:

$$F(\vec{k}) = \exp(nh(\vec{k})) \quad (6.3)$$

حيث  $nh(\vec{k})$  توزيع الحقل المجهرى الفعلي:

$$\begin{aligned} nh(\vec{k}) &= n \int (\exp(i\vec{k} \cdot \vec{E}) - 1) d\vec{r} = n2\pi \int (\exp(ikE\cos\theta) - 1) r^2 dr d\cos\theta \\ &= 2\pi n \int_0^\infty \left( \frac{\sin(kE)}{kE} - 1 \right) r^2 dr \end{aligned}$$

نقوم باستخدام المتغير  $z$  بعد، وأخذ  $z = 1$

$$y = \frac{r}{r_0}, \quad x = kE_0, \quad \bar{E} = \frac{E}{E_0}$$

بعد بعض الحسابات مع أخذ الحقل الكهربائي في الوحدة  $E_0 = \frac{e}{r_0}$

$$\bar{E} = \frac{E}{E_0} = \frac{1}{y^2} \left[ (1 + vy)g(s) - y \frac{dg(s)}{ds} \frac{v}{F} \right] \exp(-vy) \quad (7.3)$$

$$nh(x) = \frac{15}{2} \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}} \int_0^{\infty} \left( \frac{\sin \bar{E} x}{\bar{E} x} - 1 \right) y^2 dy \quad (8.3)$$

$$F(x) = \exp(nh(x)) = \exp\left( \frac{15}{2} \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}} \int_0^{\infty} \left( \frac{\sin \bar{E} x}{\bar{E} x} - 1 \right) y^2 dy \right) \quad (9.3)$$

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

$$W(\vec{E}) = \frac{2\pi}{(2\pi)^3} \int_0^{\infty} \int_0^{\pi} \exp(ikE \cos\theta) F(x) k^2 \sin\theta d\theta dk$$

$$= \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^{\infty} \frac{\sin(kE)}{kE} F(x) k^2 dk$$

$$W(\vec{E})$$

$$= \frac{1}{E_0^3 (2\pi)^2} \int_0^{\infty} \frac{\sin(x\beta)}{\beta x} F(x) x^2 dx \quad (10.3)$$

ندخل كثافة الاحتمال للحقل الكهربائي :

$$P(E) = 4\pi E^2 W(\vec{E})$$

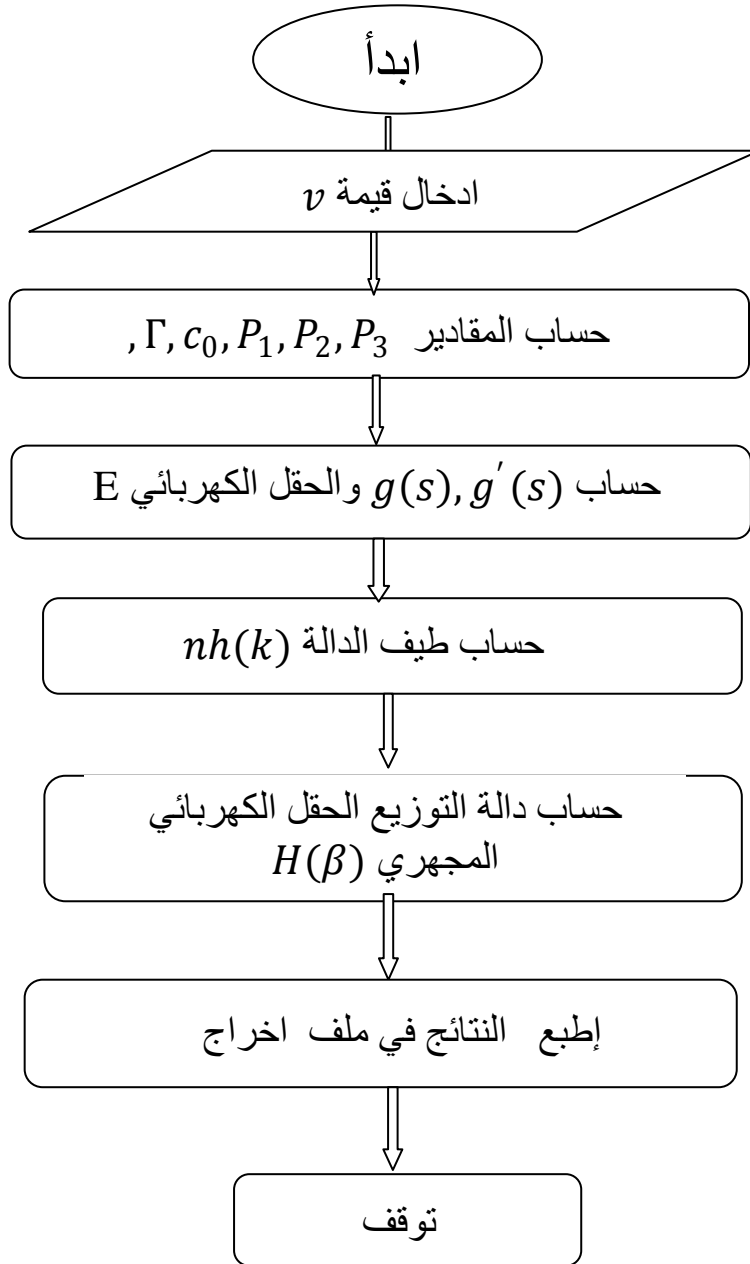
$$= \frac{4\pi E^2}{E_0^3 (2\pi)^2} \int_0^{\infty} \frac{\sin(x\beta)}{\beta x} F(x) x^2 dx$$

$$H(\beta) = E_0 P(E) = \frac{2\beta}{\pi} \int_0^{\infty} \sin(x\beta) F(x) x dx \quad (11.3)$$

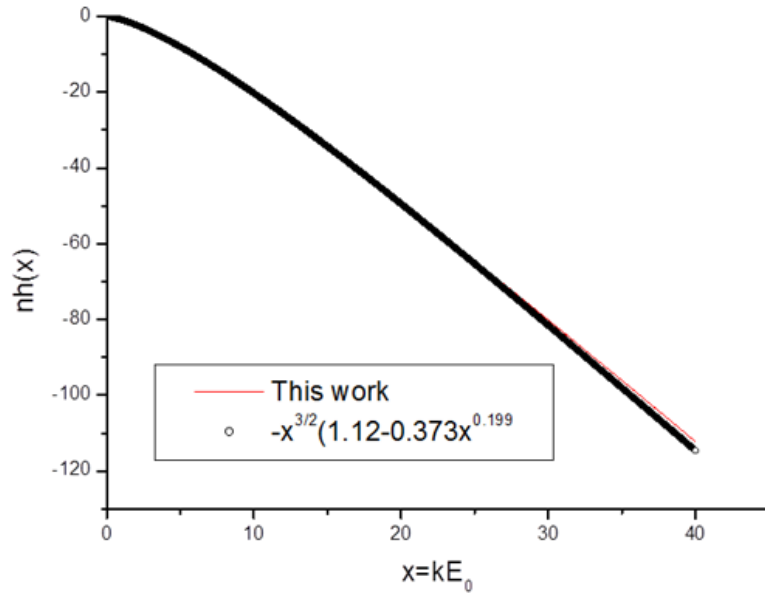
### 2.3 النتائج والمناقشة.

نقوم بحساب  $nh(x)$  من العلاقة (8.3) بعد تعويض الحقل الكهربائي المحسوب من كمون ديباي غير الخطي (7.3) وتعويضها

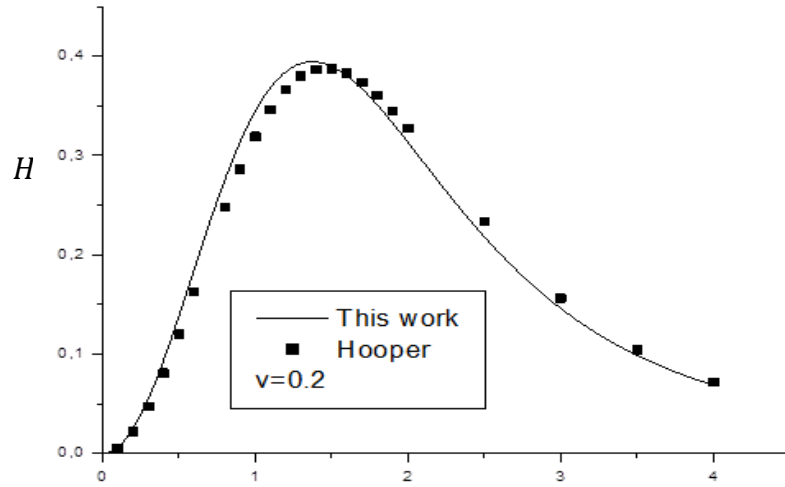
في العلاقة (11.3) لحساب  $H(\beta)$ . يوضح الشكل 1.3 سير برنامج الفورترون لحساب دالة التوزيع للحقل الكهربائي.



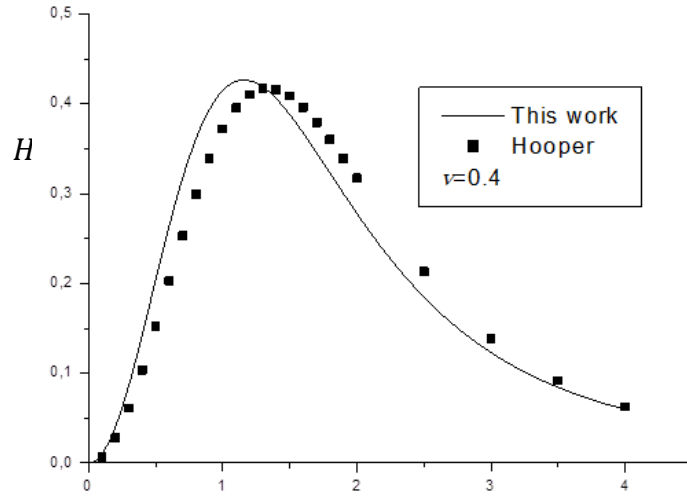
الشكل 1.3 مخطط سير عملية برنامج حساب دالة التوزيع للحقل الكهربائي.



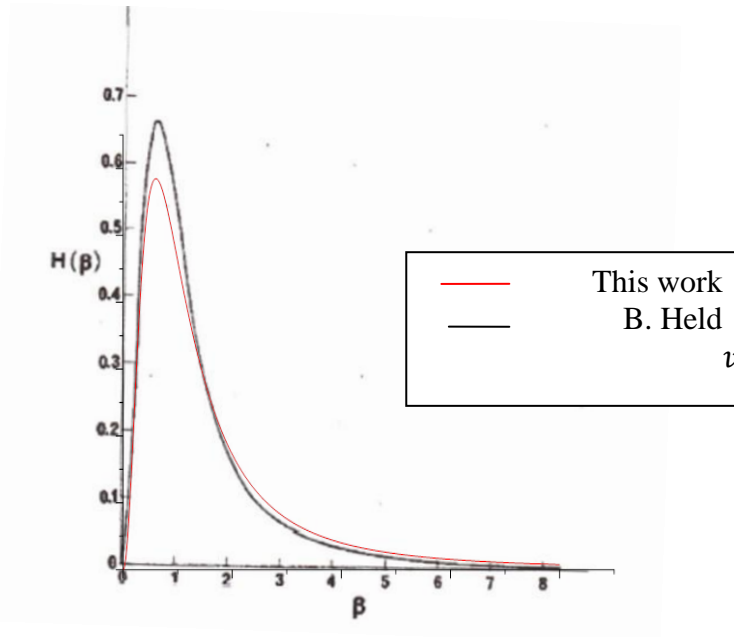
الشكل 2.3 مقارنة بين  $nh(x)$  المحسوبة في هذا العمل (تفاعل ديباي غير الخطي) وتلك المحسوبة بالعلاقة  
 $v = 0.2[7][8]$  من أجل  $x^{\frac{3}{2}}(1.12 - 0.373 x^{0.199})$



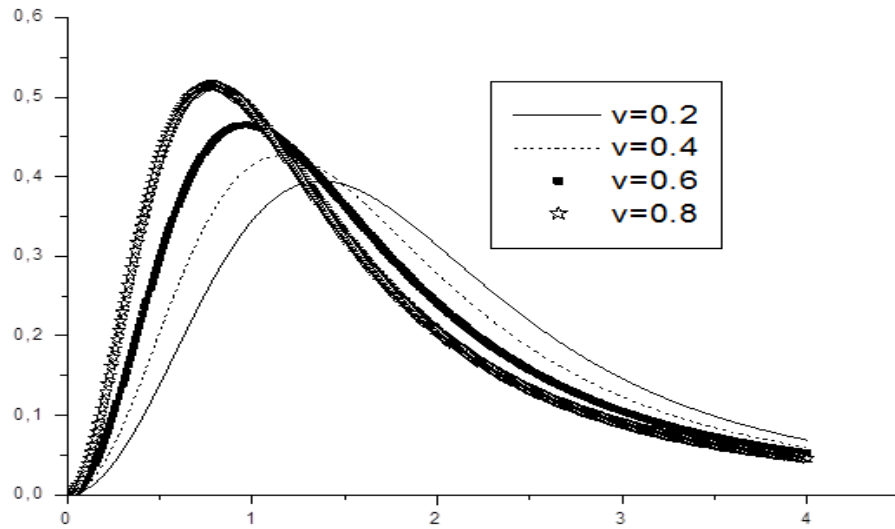
الشكل 3.3 مقارنة دالة التوزيع الحقل الكهربائي  $H(\beta)$  المحسوبة من هذا العمل وتلك المحسوبة من طرف [9] Hopper  
 من أجل  $v = 0,2$ .



الشكل 4.3 مقارنة دالة التوزيع الحقل الكهربائي  $H(\beta)$  المحسوبة من هذا العمل وتلك المحسوبة من طرف [9] Hopper من أجل  $\nu = 0,4$ .



الشكل 5.3 مقارنة بين دالة التوزيع الحقل الكهربائي  $H(\beta)$  المحسوبة في هذا العمل وتلك المحسوبة من طرف [10] B. Held من أجل  $\nu = 1$ .



الشكل 6.3 دالة التوزيع الحقل الكهربائي من أجل قيم مختلفة  $v = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ .

يوضح الشكل 2.3 مقارنة بين  $nh(x)$  المحسوبة في هذا العمل وتلك المحسوبة بالعلاقة  $x^{\frac{3}{2}}(1.12 + 0.373x^{0.199})$

نلاحظ تطابق المنحنيين لذلك يمكن قبول تقريب منحنيات  $nh(x)$  بالعلاقة المذكورة سابقا.

يمثل الشكل 3.3 و الشكل 4.3 مقارنة بين دالة التوزيع الحقل الكهربائي  $H(\beta)$  المحسوبة في هذا العمل باستخدام تفاعل ديباي

غير الخطي مع دالة التوزيع المحسوبة من طرف [9] Hooper وذلك من اجل  $v = 0,2$  و  $v = 0,4$  على الترتيب (حالة

التزاوج الضعيف)، نلاحظ أن هناك تقارب بين المنحنيين والاختلاف قد يكون ناتج عن استخدام Hooper التقريب من

الدرجة الاولى لـ  $nh(x)$  و أيضا العلاقة المستخدمة في هذا العمل والمعطاة بالعلاقة (8.3) هي علاقة تقريبية.

يوضح الشكل 5.3 مقارنة بين دالة التوزيع الحقل الكهربائي  $H(\beta)$  المحسوبة في هذا العمل من أجل  $v = 1$  (تزاوج قوي) ودالة التوزيع المحسوبة في أعمال [10]  $B.Held$ ، أين نلاحظ أن نتائج متقاربة مقبولة والفرق بين المنحنيين نتيجة لتقريبات المستخدمة.

يمثل الشكل 6.3 دالة التوزيع الحقل الكهربائي من أجل عدة قيم مختلفة لمعامل الارتباط  $v$ ، حيث نلاحظ وجود علاقة طردية بين  $v$  و  $H(\beta)$  حيث كلما زادت قيمة  $v$  يرافق ازدياد في قمة  $H(\beta)$  ونقص في عرض التوزيع .

يمكن تفسير الاخطاء الناتجة في الحساب الى استخدام بعض التقريبات، تقريب دالة ترابط القطرية المحسوبة بالعلاقة (10.2) في الفصل الثاني فهي صالحة من اجل التزاوج الضعيف، أيضا تقريب  $nh(x)$  المعطى بالعلاقة (8.3) فهو تقريب من الدرجة الاولى، لذلك كانت نتائج التزاوج الضعيف جيدة مقارنة بحالة التزاوج القوي

**3.3 الخلاصة** تطرقنا في هذا الفصل إلى حساب دالة التوزيع الحقل الكهربائي من حساب الحقل الناتج عن تفاعل ديباي غير الخطي ومقارنة نتائجنا مع نتائج سابقة فتحصلنا على نتائج جد مرضية بالنسبة للبلازما قوية وضعيفة الارتباط. بصفة عامة هذا العمل هو بداية لتطبيق تفاعل ديباي غير الخطى لحساب دالة توزيع الحقل الكهربائي بطريقة رياضية وهي بداية مرضية وفق للنتائج المتحصل عليها.

## خلاصة عامة

هذه الدراسة تنقسم إلى عمليتين أساسيتين الأولى هو حساب تفاعل ديباي غير الخطي (دالة التوزيع القطرية)، باستعمال حل معادلة بواسون عن طريق تقريب *quasifractional* والعمل الثاني هو حساب دالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهرى الموضوعي الذي يدخل في تطوير خط الطيف وذلك باستخدام تفاعل ديباي غير الخطي في حساب الحقل الكهربائي الناتج عن أيونات البلازما والمؤثر على شائبة أيونية .

في الفصل الأول تعريف للبلازما وبعض خواصها المهمة. وايضا تذكير بأهم المقادير البلازما التي تستخدم كوحدة سلم.

في الفصل الثاني: استخراجنا كمون ديباي غير الخطي، اعتبارا من معادلة بواسن للشحنة وحساب طاقة التفاعل ودالة الارتباط القطرية التي تحسب بدلالة من تفاعل ديباي غير خطي، وايضا مناقشة النتائج المتحصل عليها من خلال برنامج من اجل تفاعل ديباي غير الخطي والخطي لمختلف قيم معامل التزاوج. لا يوجد اختلاف واضح بين دالة التوزيع القطرية من تفاعل ديباي الخطي ودالة التوزيع القطرية من تفاعل ديباي غير الخطي ولاحظنا كذلك أن قيم المنحنى دالة التوزيع القطري تتراوح نحو اليمين عند زيادة معامل الترابط

في الفصل الثالث، تم الحساب النظري لدالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهرى الموضوعي اعتمادا على حساب دالة الطيفي

$nh(x)$  (كتقريب أول) وهي بدورها تعتمد على الحقل الكهربائي الناتج عن تفاعل ديباي غير الخطي بين أيونات البلازما والشائبة.

النتائج المتحصل عليها متوافقة مع تلك الموجودة في بعض المراجع حيث نلاحظ أن الفرق بين القيم المحسوبة في هذا العمل وأعمال آخري.

الخطأ في النتائج يزداد بزيادة معامل الترابط وذلك يعود الى التقريبات المستخدمة التي تكون صالحة من أجل التزاوج الضعيف حيث يمكن تحسين النتائج باستخدام تقريب من الدرجة الثانية لتحسين هذا النموذج.



ويمكن أيضا كآفاق مستقبلية :

- ✓ إيجاد علاقة تحليلية بين  $nh(x)$  و  $x^{3/2}$  تسمح بالحساب الجيد لـ  $H(\beta)$  قد تكون صالحة أيضا في التزاوج القوي.
- ✓ تعميم هذا الحساب النظري على بلازما تحتوي على أكثر من مركب.
- ✓ يمكن القيام بتصحيحات بإدخال دوال التوزيع المشتقات الجزئية للحقل في حالة تفاعل ديباي غير الخطي.

## المراجع

- B. Held, Physique des Plasmas froids, Masson Paris (1994).
- [ عبد الله موسى، 'فيزياء البلازما'، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع (2010).
- [ قريشة سليمة - مساهمة في دراسة توزيعات المشتقات الفضائية للحقول الكهربائية الموضعية في البلازما - مذكرة  
شهادة ماجستير - جامعة ورقلة - نوفمبر 2008
- | T.Chohra, Thèse de Doctorat en science, Université ELHADJ LAKHDAR  
BATNA(2007)
- R. Perez and B. Martin, Astrophys. Space Sci. 256, 263-268 (1998)
- J.P. Hansen et I. R. Macdonald, Theory of simple liquides, Academic press(1976).
- | C.Cereceda ,J .Puerta and P.Martin,189-192 (1998).
- | J .Puerta and C.Cereceda, Astrophys. Space Sci. 256, 349-353 (1998)
- | C.F.Hooper , Jr. Phys. Rev.**149** ,194(1966).
- [ B.Held and C.Deutsch ; Phys.Rev.A**24** ,540(1981)

## ملخص

من خلال هذه الدراسة، قمنا بحساب دالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهرى لشائبة تحت تأثير بلازما (أيونات) وحيده المركب أين اعتمدنا في هذا الحساب على استخراج علاقة الحقل من تفاعل ديباي غير الخطي. النتائج كانت مقبولة مقارنة بنتائج أعمال أخرى عند التزاوج الضعيف والقوي، هذه النتائج تشجع الباحثين الى تطوير النموذج الى تقريبات احسن. الكلمات المفتاحية: دالة التوزيع الحقل الكهربائي، تفاعل ديباي غير الخطي، بلازما

## Résumé

Grace à cette étude, nous calculons la fonction de distribution du microchamp électrique d'impureté ionique dans un plasma à une composante, les calculs sont basés sur l'interaction de Debye non linéaire entre les particules chargées. Diverses comparaisons entre les résultats obtenus par notre modèle et d'autres travaux dans le cas d'un couplage faible et fort, ont montré un bon accord, ceci encourage les chercheurs à améliorer ce modèle tenant compte des ordres supérieurs.

Mots clés : fonction de distribution de microchamp électrique, interaction Debye non linéaire, plasma.

## Abstract

Though this study, we compute the electric microfield distribution of impurity ion in the one ionic component plasma, the calculation is based on the knowledge nonlinear Debye interaction between charged particles. Various comparison between our work results and others work, in the case of weak and strong coupling, showed a good agreement, these results us to improve the electric microfield distribution models for higher order corrections.

.Key words: electric microfield distribution, nonlinear Debye interaction, plasma