رقم الترتيب:

رقم التسلسلي:

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية رياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة ماستر اكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: الفيزياء

التخصص: فيزياء اشعاعات،كاشف بصريات الكترونية

من إعداد:قسوم فيروز

بعنوان:

حساب دالة التوزيع للحقل الكهربائي في البلازما باستخدام تفاعل دوتش –ديباي

نوقشت في يوم:2017/05/14

أمام اللجنة المناقشة المكونة من :

د. بن مبروك لزهر	أستاذ محاضر أ	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
أ. حكيمة عبابسة	أستاذ مساعد أ	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
د. محمد الطيب مفتاح	أستاذ تعليم عالي	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مؤطرا (مقررا)
د. ثورية شهرة	أستاذ محاضر أ	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	مساعد

الموسم الجامعي :2017/2016

شكروعرفان

الشكر الأول والأخير الى الله عز وجل الذي كان خير عون لي في البحث فوفقت بفضله إلى تقديمه على هذه الصورة.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من والدكتور مفتاح محمد الطيب أستاذ تعليم عالي بجامعة قاصدي مرباح ورقلةوالدكتورة شهرة ثورية أستاذ محاضر بجامعة قاصدي مرباح ورقلة اللذان ساهما في توجيهي في هذا العمل.

كما اتقدم بفائق الشكر والتقدير إلى كل اعضاء اللجنة المناقشة:

الدكتور لزهر بن مبروك أستاذ محاضر بجامعة قاصدي مرباح ورقلة على قبوله ترؤس لجنة المناقشة، الأستاذة عبابسة حكيمة أستاذ مساعد بجامعة قاصدي مرباح ورقلة على تشرفها لي لقبول مناقشة المذكرة، مما يعطي عملي هذا قيمة أكبر.

لابدا لنا ونحن نخط خطواتنا الأولى في البحث العلم من وقفة نعود فيها إلى أعوام خلت قضيناها في رحاب جامعة ورقلة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير،باذلين بذلك جهود كبيرة في بناء جيل غدا لتبعث الأمه من جديد.

أتقدم بأسمى كلمات الشكروا لامتنان و التقدير و الاحترام و المحبة إلىالذينحملوا أقدس رسالة في الحياة، إلىالذينمهدوا لنا طريقا لعلم و المعرفة، إلىجميع أساتذتنا الأفاضل. كما لا انسى بشكر الى كل زميلائي بالدفعة.

الإهـــداء

بسم الله الرحمن الرحيم

(وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون)

صدق الله العظيم

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلى بطاعتك .. ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك .. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك الله جل جلاله

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبي الرحمة ونور العالمين..

سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم .

إلى ملاكي في الحياة .. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتفاني .. إلى بسمة الحياة وسر الوجود

إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى الحبايب

أمي الحبيبة أعز السيدات .

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون انتظار .. إلى من أحمل أسمه بكل افتخار .. أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد

والدي العزيز اطال الله في عمره.

إلى من كانوا السند لي و مرشدي خطواتي الأولى على درب العلم اخواني واخواتي

عبد الرحمان ,مفيدة ,العلمي ,زبيدة,فريدة ,مريم ,سعد والى زوجة اخي سماح وإلى ابناء اخوتي

محمد امين ,حنين ,عبد المهيمن , نسرين ,مبروكة ,رانيا وإلى كل عائلة «قسوم »

إلى جميع صديقاتي إلى جميع زملائي في منظمة الإتحاد العام الطلابي الحر والى من تعجز الكلمات عن الوفاء بحقها والإشادة بجميلها التي صبرت علي كثيرا أثناء اعدادنا لهذا العمل...استاذتي الغالية

«شهرة ثورية».

إلى كل من يحملهم قلبي ولا تحملهم مذكرتي

أهدي عملي هذا راجيا من الله تعالى أن يجعل عملي هذا نفعا يستفيد منه جميع الطلبة المقبلين على التخرّج.

فيروز قسوم

فهرس المحتويات

فهرس الأشكال.....	i
فهرس الجداول	i
مقدمة عامة.....	01
الفصل الأول : عموميات حول البلازما	
I-1مقدمة.....	04
I-2 لمحةتاريخية.....	04
I-3 تعاريف البلازما	04
I-4 بعض خصائص البلازما	06
I-4-1 التعادل الكهربائي في البلازما.....	06
I-4-2ذبذبات البلازما والحركة الموجية	06
I-5 تغيرات سلم البلازما	06
I-6 معالجة البلازما	07
I-7 أهم المقادير في فيزياء البلازما	08
I-7-1 طول لاندو.....	08
I-7-2 طول ديباي	08
I-7-3 طول موجة ديبروغليالحرارية.....	08
I-7-4 درجة حرارة البلازما	09
I-7-5 تردد الأيونيللبلازما	09

I-7-6 التردد الإلكتروني للبلازما	09
I-7-8 نصف قطر الكرة الأيونية	09
I-7-8 نصف قطر الكرة الإلكترونية	09
I-7-9 معامل التزاوج.....	09
I-7-10درجة التكميم	10
I-8 الخلاصة	11
الفصل الثاني: تفاعل دوتش–ديباي (*Deutsch- Debye*) وحساب دالة القطرية	
II-1 مقدمة	13
II-2كمون ديباي	13
II-3كمون دوتشالمحجب.....	13
II-4كمون دوتش–ديباي	14
II-5 دالة التوزيع القطرية	14
II-6 نتائج ومناقشة	16
II-7الخلاصة.....	16
الفصل الثالث:حساب توزيع الحقل الكهربائي المجهري بتطبيق تفاعل دوتش–ديباي (*Deutsch- Debye*)	
III-1 مقدمة	18
III-2 النموذج النظري.....	18
III-3 مناقشة النتائج.....	20
III-4 النتائج والمناقشة	21
III-5الخلاصة	23

خاتمة عامة	25
المراجع	27

فهرس الأشكال

الشكل (1. I) نموذج مرئي مبسط لمقارنة بين الحالات الأربع للمادة..... 05

الشكل (1. II) مقارنة بين دالة التوزيع القطرية لتفاعلدوتش–ديبايودالة التوزيع القطرية لتفاعل ديباي و الدالة القطرية لتفاعل دوتش المحجب من أجل $\Gamma = 0.12$ و$\eta = 0.56$..... 16

الشكل (1. III) مخطط سير برنامج الفورترون لحساب دالة توزيع الحقل الكهربائي 20

الشكل (2. III) مقارنة لدالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري$H(\beta)$ باستخدام تفاعلدوتش–ديبايودالة توزيع الحقل الناتجة عن استخدام تفاعلدوتشو تفاعل ديبايمن أجل $\Gamma = 0.12$ و$\eta =$ 0.56..... 21

الشكل (3. III) تغيرات دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري الناتجة عن تفاعلدوتش—ديباي من اجل قيم مختلفة لدرجة التكميم ηو ونفس القيمة لـ $\Gamma = 0.12$..... 22

فهرس الجداول

الجدول(1. III) قيم درجة التكميم لحساب دالة التوزيع حقل الكهربائي..... 22

مقدمة

مقدمة عامة

تعد دراسة البلازما أحد أهم المواضيع في الفيزياء الحديثة، إذا يمكننا القولأن البلازما هي الحالة الرابعة للمادة وتشكل 99 %من المادة الكونية. لا تتم معالجة البلازما معالجة عينية(*macroscopic*)،ذلك أنظواهرهاتحدث على سلم صغير جدا من الأطوال، وتتناول عدد ضخما من الجسيمات،لذلك تتم معالجتها إحصائيا.

كثيرا ما تتم دراسة البلازما من خلال الإشعاع الكهرومغناطيسي الصادر عنها،عبر الأوساط المختلفة (الفضاء،الهواء،المواد الصلبة،الأجسام الحية....)، إذ يحلل الطيف (*spectrum*) الوارد منها كيفيا لمعرفة العناصرالتي تشكل هذه البلازما، وكميا لمعرفة تراكيزها ودرجات حرارتها، وبصفه عامة يمكننا القولأن تشخيص الإشعاع الوارد منها مهم لمعرفة حالتها[1].

ديناميك الجسيمات في البلازما يخضع إلى حقول الكهربائية المطبقة والمنتجة داخل البلازما من طرف الجسيمات المشحونة نفسها (أيون – أيون)،حيث التفاعلات الأساسية بينها هي تفاعلات الكهروستاتكية، ولكن في الحقيقة هذا التفاعل لا يظهر التأثيرالكمومي عند المسافات الصغيرة جدا، وهذا ما هو موجود بالفعل، لذلك توجد عدة تفاعلات أخرى غير تفاعلات كولوم (ديباي في حالة ادخال فعل الحجب) تدخل هذا الأثر من أهما تفاعل *Kelbg*وأيضا تفاعل *Deutsch*ويعتمد كل منها على تقريبات واعتبارات معينة[4].

من معروف أن أشكال الطيف الصادرة نتيجة تفاعل الجسيمات فيما بينها، مما يؤدي إلى تعريضها، ومن الأسباب التي تؤدي إلى تعريض الخطوط الطيفية هو تأثير الحقل الكهربائي المجهري، ويدخل هذا التأثير في صيغة الطيف كتقريب من الدرجة الأولى لدالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري. هذه الأخيرة تعطي احتمال ان يكون الحقل الكهربائي عند قيمة ما[4] [1].

لقد سعى الباحثون لإيجاد دوال توزيع الحقل الكهربائي منذ 1919 (*Holtsmark*) [9]، ولا زالت الى يومنا هذا، نظرا للدور الهام التي تلعبه. نود من خلال هذا العمل ادخال الفعل الكمومي عند المسافات الصغيرة في حساب دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري وذلك عن طريق اقتراح تفاعل ناتج من تقريب على صيغة تفاعل *Deutsch*المحجب عند شروط معينة سميناه تفاعل دوتش–ديباي (*Deutsch-Debye*).

تتضمن المذكرة ثلاثة فصول مهمة وخاتمة عامة.

في الفصل الأول نتحدث بإيجاز عن موضوع البلازما عموما، تاريخها وتعاريفها ووصفها وبعض خصائصها، وكيفيات معالجتها وأمثلة عنها.

أما الفصل الثاني سنتطرق الى معرفة بعض التفاعلات بين الايونات المهمة، تفاعل*Debye* و*Deutsch*بما في ذلك التفاعل المقترح دوتش–دياي(*Deutsch-Debye*)الذي يعتبر تقريب لتفاعل*Deutsch*باعتبارات معينة، وتطبيق هذا التفاعل الأخير في حساب دالةالتوزيع القطرية لإظهار الفعل الكموميعليها عند المسافات الصغيرة. الدوال القطرية تلعب دوراكبيرا في حساب الكثير من الخصائص الترموديناميكية، و الستاتيكية والخصائص الديناميكية للبلازما.

أما بالنسبة للفصل الثالث سنتناولتطبيق تفاعل دوتش–دياي)*Deutsch-Debye*(في حساب دوال توزيع الحقل الكهربائي المجهري في البلازما ذات مركب واحد، حيث عرفنا النموذج النظري ثم قمنا باستخراج النتائج ومقارنتها.

في الأخيرنحوصلماقمنابه في خلاصةعامة، و نقدمفيهابعضالافاقالتيقدتكونمنطلقاتلأعمال أخرى.

الـفـصل الأول

عموميات حول البلازما

I–1 المقدمة

إنمعظم المواد التي تشكل الكون في حالة بلازما، وتشترك كل انواع البلازما بأنها تخضع وتفسر بنفس الآليات وتديرها نفس القوانين الفزيائية.تعرف البلازما بالحالة الرابعة للمادة كونها تختلف عن الحالة الصلبة،السائلة،والغازية،فهي عبارة عن حالة مخففة للمادة تشبه الغازإلا انها مؤلفة من جسيمات مشحونة وإلكترونات وأيونات موجبة بتناسب معين يجعل الوسط إجمالا متعادل كهربائيا[2].

سنهتم بعرض بعض الخصائص للبلازما، واهم وسائطها (مقاديرها) مثل معامل التزاوج(*coupling paramter*) ودرجة التكميم (*degree of quantization*) و ومقادير أخرى التي تعتبر كوحدة في سلم القياس مثل نصف قطر الكرة الالكترونية (*electronic sphere radius*).

I–2 لمحة تاريخية

إذا ما دعونا الحالات الصلبة، السائلةوالغازية بالحالات الثلاث للمادة حسب تزايد درجة الحرارة، فإن البلازما تكون الحالة الرابعة لها عندما تتأين الحالة الثالثة (الغازية) وتصبح تتكون من ايونات موجبة الشحنة والكترونات حرة سالبة الشحنة، وكان أول من اعتبرهذه الحالة الرابعة للمادة هوالفيزيائي الإنجليزي *Sir William crookes*عام 1879 [6].

أدخل مصطلح "البلازما" الفيزياء عام 1928 من قبل الفيزيائي الأمريكي *Dr.Irwinglangmuir*في مقال له،كي يعبر عن المناطق المتساوية الكمون داخل أنابيب التفريغ المكونة من غازا مؤينا متعادلا كهربائيا. بعد ذلك استخدم هذا المصطلح بصفة خاصة في فيزياء الفلك للتعبير عنالحالة المخففة للمادة،فهي تشبه الغاز، إلا أنها مؤلفة من إلكترونات وأيونات موجبة، بتناسب معين يجعل الوسط إجمالا متعادلا كهربائيا [1].

I–3 تعاريف البلازما

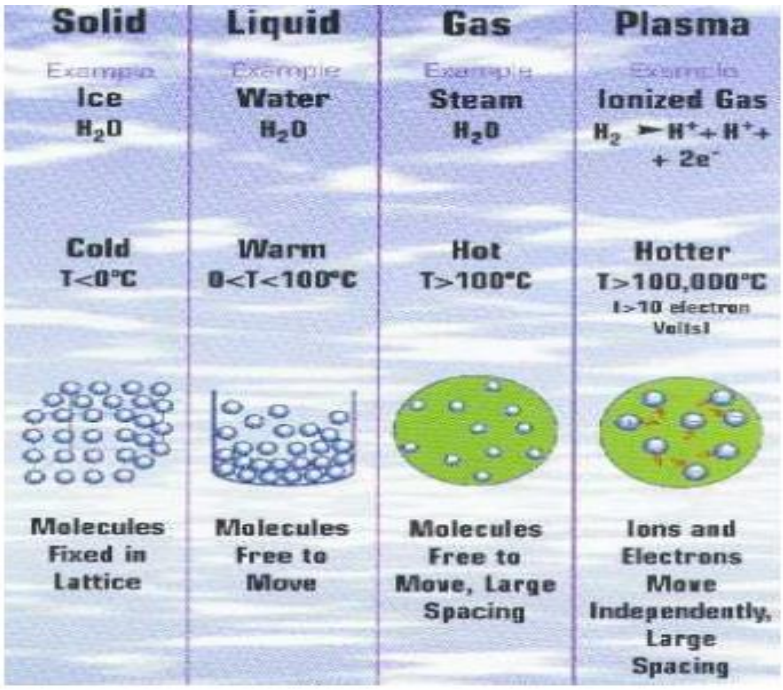
البلازما نادرة جدا في محيطنا القريب، غير أنه من الممكن توليدها صناعيا مثل الغاز في مصابيح النيون،تفلور البلازما،وأيضا القوس الكهربائي المستخدم في عمليات اللحام أمثلة هامة عن البلازما. سنحاول الان تحديد مفهوم البلازما بصورة دقيقة من خلال هذه التعاريف البسيطة[3].

تعريف 1:يمكن القول أن البلازما غاز متأين يحوي عددا كبيرا وكافيا من الجسيماتالمشحونة تحجب نفسها إلكتروستاتكيا عند مسافة صغيرة[1].

تعريف2:عندما زيادة درجة حرارة غاز إلى حدود معينة، سيتحول إلى نظامٍ تكون فيه الطاقة الحرارية (الطاقة الحرية) للجسيمات المكونة له كبيرة جدا، ذلك أن القوى الكهروستاتيكية التي تربط عادة الإلكترونات بأنوية الذرات تغلب.فبدلا من غاز ساخن مكون من ذرات متعادلة كهربائيا،سيكون لدينا مزيج مؤلف من صنفين من جسيمات متعاكسة الشحنة، إلكترونات وذرات متأينة هذه هي البلازما[1].

تعريف 3:عند تسخين المادة من صلبة إلى سائلة إلى غازية، ثم زيادة التسخين،تبدأ بالتأين،ذلك أن إلكترونا أو أكثر سيتحررمن كل ذرة إلى الغاز.يمكن وصف البلازما بأنها تجمع لجسيمات متأينة،تتفاعل جماعيا بالقوى الكهرومغناطسية البعيدة المدى،والمرتبطة بشحناتها وحركتها [1].

تعريف 4: يمكن وصف البلازما عموما بأنها جملة إحصائية تحمل شحنات متحركة [1].



الشكل(I–1)نموذج مرئي مبسط للمقارنة بين الحالات الأربع للمادة.

I-4 بعض خصائص البلازما

لعل أهم خصائص البلازما الجديرة بالذكر، موصليتها (*conductivity*) الكهربائية العالية، حتى أن الحقول الكهربائية الخارجية تلغى في وسط البلازما بفعل التيارات المتحرضة.

I-4-1 التعادل الكهربائي في البلازما

إحدى الصفات المهمة في للبلازما هي نزعتها لتبقى متعادلة كهربائيا،أي ميلها إلى توازن الشحنة الفراغية السالبة مع الشحنة الفراغية الموجبة في كل جزء من الحجم العيني، وإن أي اختلال بسيط في كثافات الشحنة الفراغية يسبب نشوء قوة كهروستاتكية قوية تؤثر في اتجاه إعادة التعادل،حيثما أمكن. من جهة أخرى، أذا تعرضت البلازما إلى حقل الكهربائي خارجي،فإن كثافات الشحن الفراغية ستنظم نفسها بحيث يحجب الجزء الأعظم من البلازما من تأثيرات هذا الحقل[3].

I-4-2 ذبذبات البلازما وحركة الموجة

تتصف البلازما بقابليتها لحمل الذبذبات وبث الموجات، إلا أن هذه الذبذبات قد تكون معقدة جدا بسبب المعادلات الهيدروديناميكية لها غير الخطية. أدخلت الذبذبات الكهروستاتكية في البلازما لأول مرة من قبل *Tonks*و*Langmuir*.هناك نوعان محتملان من الذبذبات الكهروستاتكية:

- ✓ ذبذبات التردد العالي التي تكون سريعة جدا،إذ يصعب على الأيونات الثقيلة أن تتبعها.
- ✓ وذبذبات الأيونات التي تكون بطيئة جدا،بحيث أن الإلكترونات تتوزع دائما حول الأيونات بنمط إحصائي[3].

I-5 تغيرات سلمالبلازما

تشمل البلازما مجالا عرضيا من السلالم،في الطول والكثافة ودرجة الحرارة[3].

الأطوال: 10^{-10}إلى 10^{+25}cm

الكثافة الكتلية :10^{-27}إلى 10^{+10} g/cm^{-3}

الكثافة العددية:من أقل 10^{-4}إلى أكثر من$10^{+3}\mathrm{cm}^{-3}$

درجة الحرارة (الطاقة الحرارية): من درجة قريبة من درجة الحرارة الصفر المطلق (الحالات البلورية)،إلى أكثر من 10kev

الحقول المغناطيسية: من أقل 10^{-6}إلى10^{+6}gauss،

أزمة حياة البلازما:من البيكوثانية (pSec)إلى المالانهاية.

I–6 معالجة البلازما

مع أن التحليل النظري للبلازما بسيط نسبيا،ذلك أن القوى بين الجسيمات معروفة بدقة،والوصف بالميكانيك التقليدي ممكن عموما،إلا أن دراستها لم تتطور إلا مؤخرا.تستحيل معالجة البلازما بشكل كاف معالجة عينة بحثة، بل من الضروري استخدام النظرية الحركية (*kinetictheory*).إن التعقيد في حالة البلازما بشتى أشكالها، قاد إلى عدد كبير من طرائق التحليل النظري المختلفة تماما.هناك ثلاث صيغ تقريبية توفر لنا النظرة الهامة لما يحدث داخل البلازما[7]:

الصيغة الأولى: في نظرية التوازن (*equilibriumtheory*)، وهي تستند إلى افتراض أن التصادمات بين الجسيمات المشحونة تكون كافية لتجعل توزيع الجسيمات في كيان البلازما خاضعا لتوزيع بولتزمان –ماكسويل السرعي:

$$N_j(\vec{v})dv_x dv_y dv_z = N_{0j}\left(\frac{m_j}{2\pi K_B T}\right)^{3/2}\exp\left(\frac{-m_j v^2}{2K_B T}\right)dv_x dv_y dv_z \qquad (\mathrm{I}.1)$$

N_{0j}:عدد الجسيمات من الصنف jلوحدة الحجم في البلازما و v_x،v_y و v_zمركبات السرعة.

m_j:كتلة الجسيمات من النوع j، K_B ثابت بولتزمان (*Boltzmann constant*)، Tدرجة الحرارة المطلقة.

الصيغة الثانية:هي نظرية المدار (*orbittheory*)، وهي تعالج حركة الجسيمات المشحونة في حقول كهربائية مفترضة (*supposed*)، قد تكون توابع للموضع والزمن. وتمثل هذه النظرية تقريبا جيدا لحركة الجسم في البلازما عندما لا تؤدي التصادمات بين الجسيمات الدور الرئيس،أي عندما يكون متوسط المسار الحرللتصادم كبير مقارنة بالأبعاد المميزة للمدار،حيث تعالج التصادمات في هذه الحالة كاضطراب(*perturbation*).

الصيغة الثالثة: هي معالجة الهيدرومغناطسية، حيث تستخدم المعادلات الكهرومغناطيسية الكلاسيكية (معادلات ماكسويل)،وتدمج مع المعادلات الكلاسكية لحركة الموائع، وهي معالجة عينية للبلازما، وتعد تقريبا جيدا عندما يكون متوسط المسار الحر للتصادمات صغيرا جدا بالنسبة إلى المسافات الفيزيائية المهمة في منظومة البلازما.

I–7المقادير المهمة في فيزياء البلازما

I–7–1طول لاندو

يدعى البعد التقليديللاقتراب الأدنى[3]،وهو يمثل المقدار التي تتساوى فيه الطاقة الكولومية المتوسطة للتفاعل الثنائي مع الطاقة الحراكية الحرارية المتوسطة، ويحدد بـ:

$$K_B T = \frac{e^2}{L} \rightarrow L = \frac{e^2}{K_B T} \qquad (I.2)$$

حيث e شحنة الالكترون. يستخدم طول لاندو في تحليل ظواهر التصادمات،وارتباطات الموضع في البلازما.

I–7–2 طول ديباي

تعود تسميته الى العالم الهولندي بيتر ديباي *B. Debye*، ويعرف على انه المسافة الحرجة التي عندها تقريبا يحدث حجب لتأثير الشحنة، يزداد نصف قطر ديباي بزيادة درجة الحرارة ويتناقص بزيادة الكثافة[4–9–11].يعطى طول ديباي بالعلاقة التالية[4]:

$$\lambda_d = \sqrt{\frac{K_B T}{4\pi e^2 n_e}} \simeq 6.9 \sqrt{\frac{T}{n_e}} (CGS) \qquad (I.3)$$

I–7–3طول موجة ديبروغلي الحرارية

يعطى هذا الطول تقديرا للطبيعة الموجية الكمية لجسيمات البلازما [9]، ويعرف بـ:

$$\lambda_T = \left(\frac{2\pi\hbar^2}{m_e K_B T} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (I.4)$$

$\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ثابت بلانك المختزل .

I–7–4درجة حرارة البلازما

غالبا ما تملك الإلكترونات والأيونات في البلازما نوعين مختلفين لدرجة الحرارة بسبب تواتر الصدمات بين الأيونات فيما بينها أو الإلكترونات فيما بينها،عندئذ كل نوع من المركبات يمكن أن تكون في حالة توازن حراري مستقل عن النوع الأخر[3].

I–7–5 التردد الأيوني للبلازما

$$\omega_{\mathrm{pi}} = \sqrt{\frac{4\pi(Ze)^2 n_i}{m_i}} \qquad (\mathrm{I}.5)$$

حيث: Ze شحنة الأيون،و m_i كتلة الأيون i.

I–7–6 التردد الإلكتروني للبلازما

$$\omega_{\mathrm{pe}} = \sqrt{\frac{4\pi(Ze)^2 n_e}{m_e}} \qquad (\mathrm{I}.6)$$

حيث: Zeشحنة الإلكترون و m_e كتلة الإلكترون[8].

I–7–7 نصف قطر الكرة الأيونية

وهو يميز البعد بين الأيونين، ويستخرج من[4]:

$$\left(\frac{4}{15}\right)(2\pi)^{3/2} n_i r_0 = 1 \rightarrow r_0 = \left(\frac{15}{4(2\pi)^{3/2} n_i}\right)^{1/3} \qquad (\mathrm{I}.7)$$

I–7–8 نصف قطر الكرة الإلكترونية

وهو يميز البعد المتوسط بين الإلكترون، ويستخرج من:

$$\left(\frac{4}{15}\right)(2\pi)^{3/2} n_e r_e = 1 \rightarrow r_e = \left(\frac{15}{4(2\pi)^{3/2} n_e}\right)^{1/3} \qquad (\mathrm{I}.8)$$

I–7–9 معامل التزاوج

هو مقياس ترابط جسيمات البلازما عندما يكون $\Gamma \geq 1$ فإن ذلك يدل على أن التزاوج شديد، أما عندما يكون $\Gamma \leq 1$ فإن طاقة الحركية الدور الأكبر في وصف سلوك الجسيمات، أي أن التزاوج بين هذه الجسيمات ضعيف ، حيث تتحرك هذه الجسيمات بحرية كبيرة وبتصادمات قليلة ما يعني أن التأثير بينها ضعيف، ويقال عن البلازما أنها مثالية[5] .

بالنسبة للإلكترونات:

$$\Gamma_{ee} = \qquad (I.9)$$

بالنسبة للأيونات:

$$\Gamma_{ii} = \frac{(ze)^2}{\mathrm{kTr_0}} \qquad (I.10)$$

أما بين الإلكترونات ولأيونات كالتالي:

$$\Gamma_{ei} = \frac{(ze)^2}{\mathrm{kTr_{ei}}} \qquad (I.11)$$

حيث: $\mathrm{r}_{ei} = \frac{r_e + r_i}{2}$

I–7– 10 درجة التكميم

يختلف الفعل الكمومي حسب تعاملنا مع الإلكترونات أو الأيونات لأن نسبة كتلة الأيون على كتلة الإلكترون تقريبا من رتبة 2×10^3. فتكون درجة التكميم الإلكترونات η تتميز بنسبة بين طول موجة ديبروغليالحرارية λ_{T} على المسافة المتوسطة للإلكترونات وتعطى بالعلاقة التالية[09]:

$$\eta = \frac{\lambda_{\mathrm{T}}}{\mathrm{r}_e} = \frac{h}{\mathrm{r}_e\sqrt{2\pi \mathrm{m_e k_B T}}} \qquad (I.12)$$

اذا كان: $1 \gg \eta$ يعني هذا أن درجة الحرارةمرتفعة وتعالج الوسط كلاسيكيا.

$1 \leq \eta$ الحدود الكمومية.

I–8 خلاصة

ناقشنا في هذا الفصل تعريف البلازما، وقدمنا نبذة تاريخية حول مصطلح البلازما، كما تطرقنا أيضا إلى أهم المقادير التي لها دور هام في فهم البلازما.

الـفـصل
الـثـانـي

تفاعل دوتش-ديباي(Deutsch–Debye)
وحساب دالة التوزيع القطرية

II-1مقدمة

تتكون البلازما من أيونات موجبة شحنة، تفاعلها مع بعضها يلعب دورا هاما في تحديد هويتها وخصائصها الديناميكية والستاتكية. لذلك في هذا الفصل سنتطرق إلى بعض التفاعلات المهمة وهي تفاعل ديباي، تفاعل دوتش، وأيضا تفاعل دوتش-ديباي كتقريب لتفاعل دوتشلاعتبارات معينة الذي نطبقه في حساب دالة توزيع القطرية لإظهار الفعل الكمومي عند المسافات الصغيرة .

II-2 كمون ديباي

ديناميك البلازما لا يعتمد فقط على فيزياء الايون الشائبة، بل يتعلق أيضا بفيزياءالبلازما المحيطة بها، وهذا التعلق ناتج عن تفاعل بين الايون الشائبة والايونات القريبة.

الكمون الكهربائي عند الموضع rالناتج عنالشحنة النقطية $q_0 = Z_0 e$عند المبدأ في البلازما يختلف عن كمونها في الفراغ المعطى بعلاقة كولوم[4]:

$$V(r) = \frac{q_0}{r} = \frac{Z_0 e}{r} \qquad (\text{II}.1)$$

من الملاحظ ان الكمون الكهربائي في البلازما يتناقص أسيا مع المسافة، ويعود ذلك الى الالكترونات المشحونة بإشارة مخالفة للأيونات التي تتجمع حول الشحنة، وهو ما يؤدي الى حجب كمون الشحنة النقطية $Z_0 e$على المسافات الكبيرة ($r < \lambda_D$) اما عند المسافات الصغيرة ($r > \lambda_D$) فهو لا يختلف عن كمونها في الفراغ.

نفرض ان كل ايون ذو الشحنة Ze والخلفية المستمرة المنتظمة من الالكترونات تتفاعل مع الايون الشائبة $Z_0 e$بواسطة الكمون ا $V(r)$، وبإهمال الفعل الكمومي، فان هذا الكمون يعطى اعتمادا على معادلة بواسون لكثافة الشحنة $\rho(r)$التالية:

$$\Delta V = -4\pi\rho(r) = 4\pi Z e n_i(r) - 4\pi Z_0 e \delta(r) \qquad (\text{II}.2)$$

وهي معادلة تفاضلية حلها في الافتراضات الاعتيادية اين الطاقة الكامنة صغيرة جدا مقارنه بالطاقة الحركية (ارتباط ضعيف)، يعطي الكمون الفعلي لـ *Debye_Huckel* واستخدم اول مرة في الكيمياء التحليلية سنة 1923 ويكتب بهذا الشكل:

$$V(\vec{r}) = \frac{q_0}{\mathrm{r}} \exp(-r/\lambda_D) \qquad (\text{II}.3)$$

$$\lambda_D^{-2} = K_D^2 = 2\pi n Z^2 \beta e^2 \qquad (\text{II}.4)$$

II-3كمون دوتش المحجب

كمون دوتش المحجب يكتب كمايلي:

$$\phi(r) = \frac{Ze}{r}(1 - \exp(-r/\lambda_T))\exp(-r/\lambda_D) \qquad (II.5)$$

حيث Ze الشحنةالمولدة للكمون في نقطة تبعد مسافة r عنها، λ_T طول موجة ديبروغلي الحرارية و λ_D طول ديباي وعليه يمكن كتابة كمون دوتش المحجب على الشكل التالي :

$$\phi(r) = \left(\frac{Ze}{r}\right)\exp(-r/\lambda_D) - \frac{Ze}{r}\exp(-r/\lambda_T)\exp(-r/\lambda_D) \quad (II.6)$$

أي على الشكل:

$$\phi(r) = \phi_{Debye}(r) + \phi_{corr}(r))\exp(-r/\lambda_D) \qquad (II.7)$$

وعليه فإن كمون دوتش المحجب هو عبارة عن كمون ديباي أضيف له التصحيح الكمومي عند المسافات الصغيرة. يظهر كمون دوتش كحل لمعادلة بواسون السابقة مع ادخال الاعتبارات الكمومية.

بغرض إدخال المفعول الكمومي عند الأبعاد الصغيرة القريبة من الشائبة (أي أن في المسافات البعيدة عن الشائبة يسلك نفس سلوك كمون ديباي أما في المسافات القريبة فيدخل تصحيح الكمومي بعين الاعتبار)،أما المعامل e^{-r/λ_D}فدورة إدخال مفعول الحجب(لديباي) في الحسبان أي ان الإلكترونات تحجب بعضها عن بعض.

II-4كمون دوتش-ديباي

من المعادلة رقم (II. 4)لدينا[11]:

$$\phi(r) = \frac{Ze}{r}(1 - \exp(-r/\lambda_T))\exp(-r/\lambda_D) = \frac{Ze}{r}\left[\exp(-r/\lambda_D) - \exp\left(-r\left\{\frac{1}{\lambda_D} + \frac{1}{\lambda_T}\right\}\right)\right] \quad (II.8)$$

وبما ان $\frac{1}{\lambda_T} \gg \frac{1}{\lambda_D}$لذلك يمكن اهمال$\frac{1}{\lambda_D}$ أمام $\frac{1}{\lambda_T}$ بالاعتماد على هذا التقريب يمكن إعادة صياغة كموندوتش ونسميه كمون دوتش-ديباي (*Deutsch-Debye*) كتالي:

$$\phi = \frac{q}{r}\left(e^{-r/\lambda_D} - e^{-r/\lambda_T}\right) \qquad (II.9)$$

II-5دالة التوزيع القطرية

ان معرفة دالة التوزيع القطرية في البلازما تعتبر عنصرا هاما في حل العديد من المسائل المتعلقة بحساب معاملات الترموديناميكية، وفي حل مسائل الخصائص الديناميكية للبلازما مثل حساب دوال الارتباط للحقل والسرعة .....، يعتمد حساب دالة توزيع

القطرية على التفاعل المتبادل بين مكوناتها. سوف نقوم بحساب دالة التوزيع القطرية اعتمادا على تفاعل دوتش-ديباي لإظهار الفعل الكمومي.

نعرف $p_s(\vec{r}_1,\vec{r}_2)\mathrm{d}^3_{r_1}\mathrm{d}^3_{r_2}$احتمال وجود جسمين في موضعين عن$\vec{r}_1$و $\vec{r}_2$:

$$\int\int p_s(\vec{r}_1,\vec{r}_2)\, d^3_{r_1} d^3_{r_2} = 1 \qquad (\text{II.10})$$

ويعرف تابع الترابع الثنائي$g(\overrightarrow{r_1},\vec{r}_2)$الحجمبدلالة$V$الذي تشغله البلازماكمايلي[4]:

$$\mathrm{g}(\vec{\mathrm{r}}_1,\vec{\mathrm{r}}_2) = \mathrm{V}^2\, \mathrm{p_s}(\vec{\mathrm{r}}_1,\vec{\mathrm{r}}_2) \qquad (\text{II.11})$$

عندما تكون أحد الجسيمات في مبدأ الإحداثيات تصبح العلاقة السابقة:

$\frac{1}{\mathrm{V}}\int \mathrm{g(r)d\vec{r}} = 1$ (II.12) دالة الترابط القطرية يمكن التعبير عنها بعلاقة بسيطة بدلالة طاقة التفاعل بين جسمين$\phi(r)$:

$$\mathrm{g}(r) = \exp\left(-\frac{\phi(r)}{k_B T}\right) \qquad (\text{II.13})$$

وعندما تؤول المسافات بين الجسيمات إلى الصفر الإرتباط قوي و $\mathrm{g}(r)$تؤول الى الصفر، وعندما تؤول المسافات إلى مالانهاية فإن $\mathrm{g}(r)$ تساوي الواحد.

وباستخدام العلاقة (5.2) يكون التفاعل بين الشحنتين Ze و$Z_0 e$حيث $(Z_0 = Z = 1)$:

$$\phi = \frac{(Ze)^2}{\mathrm{r}}\left(e^{-r/\lambda_D} - \mathrm{e}^{-\mathrm{r}/\lambda_\mathrm{T}}\right) = \frac{e^2}{r}\left(e^{-r/\lambda_D} - \mathrm{e}^{-\mathrm{r}/\lambda_\mathrm{T}}\right) \qquad (\text{II.14})$$

$$\mathrm{g}(r) = \exp\left(-\frac{\phi}{k_B T}\right) = \exp\left(-\frac{e^2}{k_B T\mathbf{r}}\left(\boldsymbol{e}^{-\boldsymbol{r}/\boldsymbol{\lambda_D}} - \mathbf{e}^{-\mathbf{r}/\boldsymbol{\lambda}_\mathrm{T}}\right)\right) \qquad (\text{II.15})$$

لدينا في هذه الحالة: $n_e = n_i$ و $n_e = r_0$ و $\Gamma_{ii} = \Gamma_{ee} = \Gamma$.

تصبح دالة الترابط لتفاعل دوتش –ديباي: $v' = \frac{r_0}{\lambda_T}$و $v = \frac{r_0}{\lambda_D}$، $y = r/r_0$باستعمال بعض المعاملات بدون وحدة:

$$\mathrm{g}_{Deutsch-Debye}(y) = \exp\left(-\frac{\Gamma}{y}\left(e^{-vy} - \mathrm{e}^{-v'y}\right)\right) \qquad (\text{II.16})$$

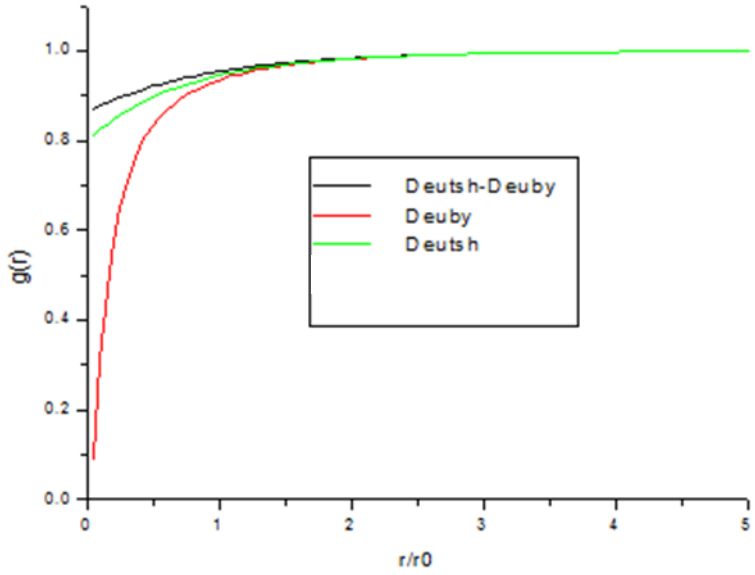
نذكر دالة التوزيع القطرية في حالة تفاعل ديباي وفي حالة تفاعل دوتش على الترتيب:

$$g_{Debye}(y) = \exp\left(-\frac{\Gamma}{y}e^{-vy}\right) \quad (II.17)$$

$$g_{Deutsch}(y) = exp\left(-\frac{\Gamma}{y}(1-e^{-v'y})e^{-vy}\right) \quad (II.18)$$

II-6نتائج ومناقشة

بتعويض قيم معاملات في دالة التوزيع القطرية الناتجة من تفاعل ديباي، وكذلك الناتجة من تفاعل دوتش، الناتجة أيضا من تفادوتش—ديباي.باستعمال برنامج بلغة الفورترونلحساب دالةالتوزيع القطريةتحصلنا على النتائج التالية:



الشكل (1.II) مقارنة بين دالة التوزيع القطرية لتفاعل دوتش —ديباي ودالة االتوزيع القطرية لتفاعل ديباي ودالة التوزيع القطرية لتفاعلدوتش المحجب من أجل $\Gamma = 0.12$ و$\eta = 0.56$.

يوضح الشكل (1.II)مقارنة بين دالة التوزيع القطرية الناتجة من تفاعل ديباي، ودالة توزيع القطرية الناتجة من تفاعل دوتش ودالة التوزيع القطرية الناتجة من تفاعل دوتش-ديباي المستخدم في عملنا هذا، من أجل $\Gamma = 0.12$ و$\eta = 0.56$ عند بلازما ضعيفة الإرتباط،نعلم انتفاعل ديباي لايظهراثار الفعل الكموميعند المسافات الصغيرة، ولإدخال هذه الأخيرة هناك عدة نماذج مستعملة مثل نموذج دوتش ونموذج دوتش- ديباي المقترح في هذا العمل، حيث نلاحظ من الشكل انحراف المنحنيين السابقين

عن على منحنى ديباي عند المسافات الصغيرة نتيجة لإدخال تأثير كمومي هذا الانحراف يتعلف بمعامل التكميم η،عند قيمة معينة لهذا المعامل تصبح المنحنيات ثلاثة متطابقة عنها لا يوجد تأثير للفعل الكمومي.

II-7خلاصة

ناقشنا في هذا الفصل التفاعل بين جسيمات البلازما، قمنا باستخدام بعض التقريبات على كموندوتش عندما يكون طول ديباي أكبر بكثير من طول موجة ديبروغلي، حيثحصلناعلى كمون دوتش – ديباي وقمنا بحساب دوال التوزيع القطرية بثلاثة نماذج السابقة للتفاعلات وبعدها قمنا بمقارنة النتائج ومناقشتها.

الـفـصل
الـثـالـث

حساب دوال توزيع الحقل الكهربائي المجهري
بتطبيق تفاعل دوتش-ديباي(*Deutsch–Debye*)

II-1مقدمة

إن معرفة دالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري في البلازما تعتبر عنصرهام جدا في حل ومعالجة مسائل عديدة، وأهم المسائل تلك التي تتعلق بحساب تعريض خطوط الطيف الصادر من الأيونات في البلازما. أن أول من بدأ في حساب دوال توزيع الحقل الكهربائي المجهري هو *J.Holtsmark* سنة 1919 [9]،حيث أهمل الارتباط بين الأيونات المولدة للحقل الكهربائي (نموذج الجسيمات المستقلة)، هذا النموذج يعتبر نهاية كل النماذج الأخرى،توالت بعدها الأعمال حتى الوقت الحاضر استخدمت فيها تقريبات مختلفة لتفاعل بين مكونات البلازما أغلبها تفاعل ديباي بين الأيونات (تفاعل كلوم)، لكن في الحقيقة هذا التفاعل لا يظهر الفعل الكمومي عند المسافات الصغيرة. كما رأينا في الفصل السابق لقد اقترح

سوف ندرسه هو حساب النظري لدالة التوزيع الحقل الكهربائي،من خلال تطبيق الحقل المجهري الناتج عن تفاعل المقترح دوتش-ديباي بين الأيونات المشحونة المكونة للبلازما ذات مركب واحد والشائبة الايونية).

II-2النموذج النظري

الحقل الكهربائي المجهري المؤثر على الشائبة الايونية (1) ذات الشحنة $z_1 e$موضوعةعند r_1، هو ناتج عن مجموع $(N-1)$ أيون المكون للبلازما ذو الشحنة ze ناخذ الحالة $(z_1 = z)$الموجودة عند r_i، هذه الايونات موجبة الشحنة مغمورة داخل خلفية متجانسة سالبة (الالكترونات).يوصف التفاعل بين الشائبة الايونية والايونات الأخرى المكونة للبلازما بتفاعل دوتش-ديبايوذلك لإدخال التأثير الكمومي عند المسافات الصغيرة.

طاقة التفاعل المؤثرة على الشائبة الايونية والناتجة علىمجموع الايونات الأخرى المكونة للبلازما تعطى:

$$U_1 = \sum_{i=2}^{N} \frac{Z_1 Z e^2}{r_{i1}} \left(\exp\left(-\frac{r_{i1}}{\lambda_D}\right) - \exp\left(-\frac{r_{i1}}{\lambda_T}\right) \right) \qquad \text{(III. 1)}$$

الحقل الكهربائي الأيوني عند الشائبة:

$$\vec{E} = -\frac{1}{Z_1 e}\vec{\nabla} U_1 = \sum_{i=2}^{N} \frac{Ze}{r_{i1}^2} \left[\left(1 + \frac{r_{i1}}{\lambda_D}\right) exp\left(-\frac{r_{i1}}{\lambda_D}\right) - \left(1 + \frac{r_{i1}}{\lambda_T}\right) exp\left(-\frac{r_{i1}}{\lambda_T}\right) \right] \qquad \text{(III. 2)}$$

دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري $W(\vec{E})$ تفهمعلى أنها كثافة الاحتمالالإيجاد الحقل الكهربائي $\vec{\varepsilon}$ يساوي$\vec{E}$ عند r_1. إذا اعتبرنا أن النظام يوصف بالميكانيك الإحصائي الكلاسيكي فإن $W(\vec{E})$ تكتب[13][14]:

$$W(\vec{E}) = \langle \delta(\vec{\varepsilon} - \vec{E}) \rangle \qquad \text{(III. 3)}$$

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

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

$$F(\vec{K}) = \int exp(i\vec{k}.\vec{E}) W(\vec{E}) d\vec{E} = \int exp\,(i\vec{K}.\vec{E}) \langle \delta(\vec{\varepsilon} - \vec{E}) \rangle d\vec{E} \qquad \text{(III. 4)}$$

$$F(\vec{K}) = \langle exp(i\vec{k}.\vec{E}) \rangle \qquad \text{(III. 5)}$$

والتحويل العكسي:

$$\mathrm{W}(\vec{E}) = \frac{1}{(2\pi)^3} \int exp(-\vec{k}.\vec{E}) F(\vec{k}) d\vec{k} \qquad \text{(III. 6)}$$

حيث$\mathrm{F}(\vec{k})$هيطيف الدالة و يساوي [12]:

$$F(\vec{K}) = exp\left(nh(\vec{k})\right) \qquad \text{(III. 7)}$$

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

$$nh(k) = n \int \left(exp(i\vec{k}.\vec{E}) - 1\right) d\vec{r} = n2\pi \int (exp(ikE\cos\theta) - 1) r^2 dr d\cos\theta \qquad \text{(III. 8)}$$

$$nh(k) = 2\pi n \int_0^\infty \left(\frac{\sin(kE)}{kE} - 1\right) r^2 dr \qquad \text{(III. 9)}$$

بأخذ $Z = 1$ و وضع المتغيرات بدون بعد$E_0 = \frac{e}{r_e}$, $E = \frac{E}{E_0}$, $x = kE_0$, $y = \frac{r}{r_e}$، نحصل:

$$\bar{E} = \frac{E}{E_0} = \frac{1}{y^2}[(1 + vy)exp(-vy) - (1 + v'y)exp(-v'y)] \qquad \text{(III. 10)}$$

$$nh(k) = \frac{15}{2} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \int_0^\infty \left(\frac{\sin \bar{E}x}{\bar{E}x} - 1\right) y^2 dy \qquad \text{(III. 11)} F(x) = exp\big(nh(x)\big)$$

$$= exp\left[\frac{15}{2} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \int_0^\infty \left(\frac{\sin(\bar{E}x)}{\bar{E}x} - 1\right) y^2 dy\right] \qquad \text{(III. 12)}$$

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

$$W(\vec{E}) = \frac{2\pi}{(2\pi)^3} \int_0^\infty \int_0^\pi exp(ikE\cos\theta) F(x) k^2 \sin\theta \, d\theta dk \qquad \text{(III. 13)}$$

$$W(\vec{E}) = \frac{1}{(2\pi)^2}\int_0^{\infty} \frac{sin(kE)}{kE} F(x)k^2 dk \qquad \text{(III. 14)}$$

$$W(\vec{E}) = \frac{1}{E_0^3(2\pi)^2}\int_0^{\infty} \frac{\sin(x\beta)}{x\beta} F(x)x^2 dx \qquad \text{(III. 15)}$$

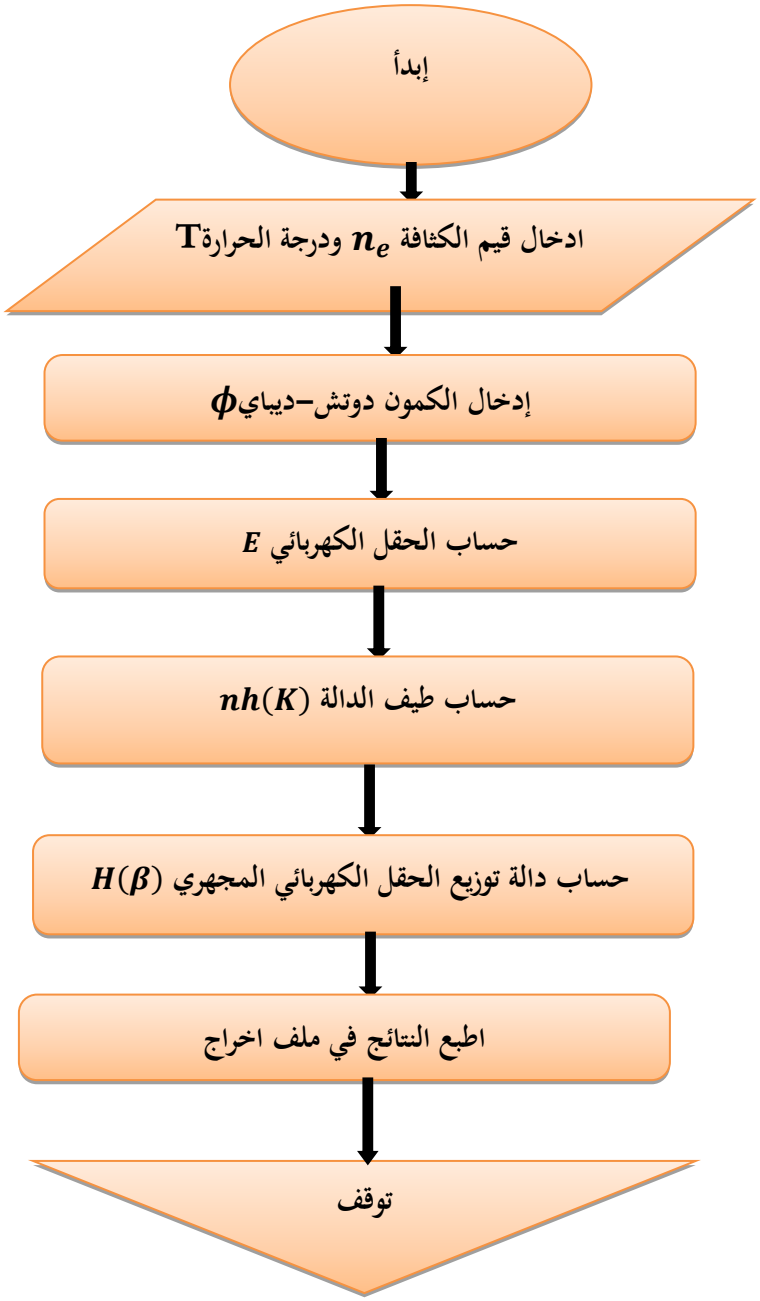
ندخل كثافة الاحتمال للحقل الكهربائي:

$$P(\vec{E}) = 4\pi E^2 W(\vec{E}) = \frac{4\pi E^2}{E_0^3}\frac{1}{(2\pi)^2}\int_0^{\infty} \frac{\sin(x\beta)}{x\beta} F(x)\, x^2 dx \qquad \text{(III. 16)}$$

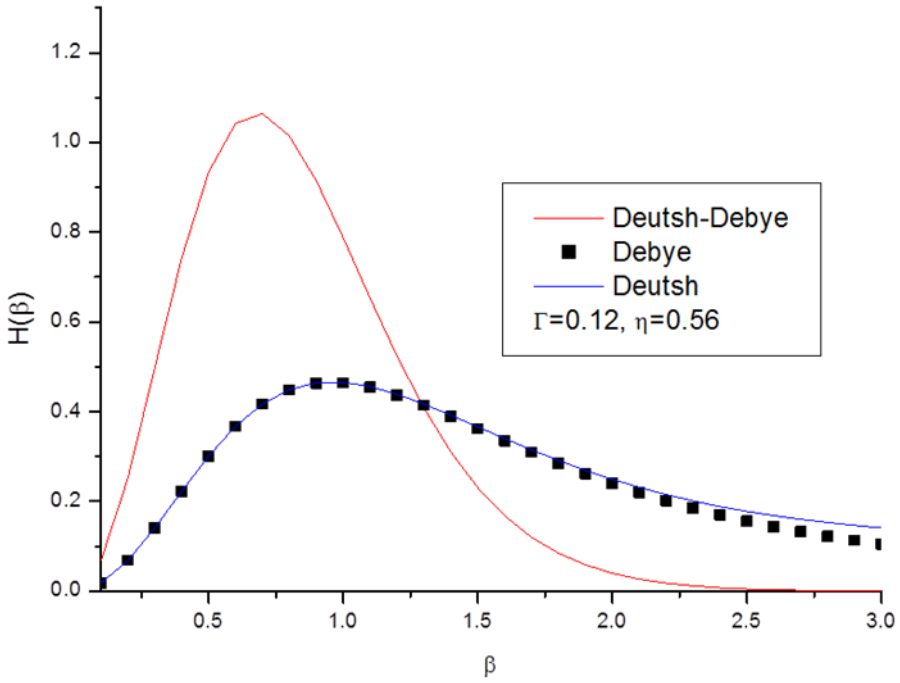
$$H(\beta) = E_0 P(\vec{E}) = \frac{2\beta}{\pi}\int_0^{\infty} \sin(x\beta)\, F(x) x dx \qquad \text{(III. 17)}$$

III-3مناقشة النتائج

نقوم بحساب $nh(x)$ من العلاقة(III. 11)، وبعدها نقوم بتعويض الحقل الكهربائي المحسوب من كمون دوتش ديباي(III. 10)ونعوضها في العلاقة (III. 17) ولحساب$H(\beta)$ وذلك بإستعمال برنامج الفرترون لحساب دالة توزيع الحقل الكهربائي.يوضح الشكل (III.1) سير عملية برنامج الفورترونلحساب دالة توزيع الحقل الكهربائي.



الشكل (1.III) مخطط سير عملية برنامج الفورترون لحساب دالة توزيع الحقل الكهربائيالحقل



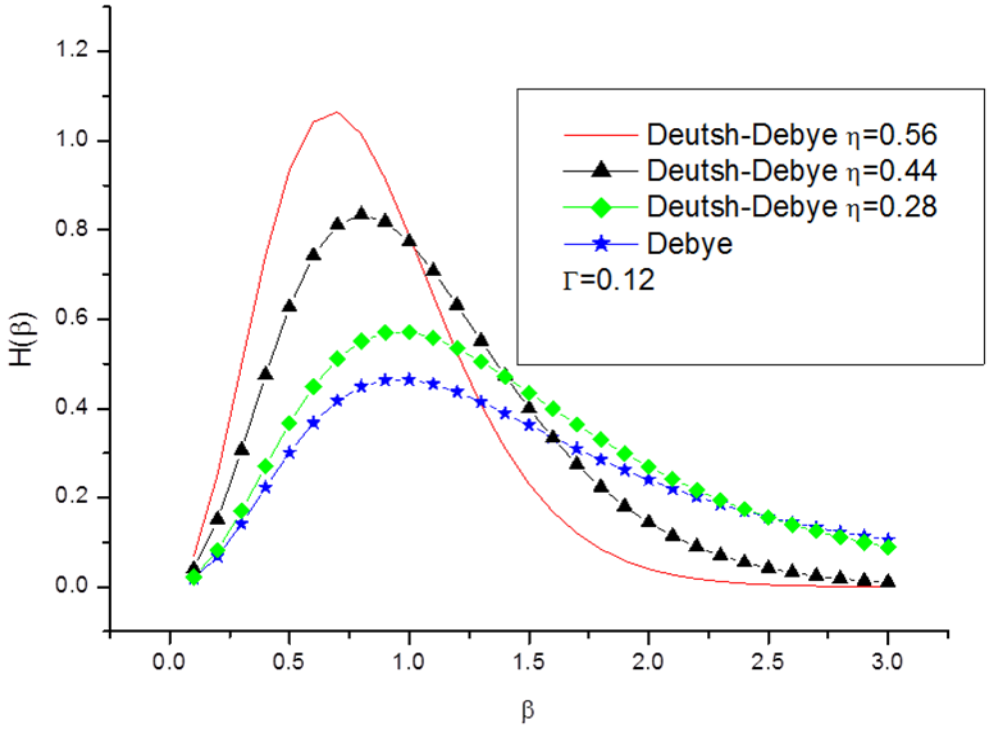
الشكل (2.III) مقارنة دالة توزيع الحقل الكهربائي باستخدام تفاعل دوتش-ديباي ودالة توزيع الحقل الناتج عن استخدام تفاعل دوتش وتفاعل ديباي من أجل $\Gamma = 0.12$، $\eta = 0.56$.

يمثل الشكل (2.III)مقارنة دالة توزيع الحقل الكهربائي$H(\beta)$ المحسوبة بدلالة كل من تفاعل دوتش-ديبايالمستخدم في عملنا هذا، ودالة التوزيع المحسوبة بدلالة تفاعل ديباي ،وكذلك دالة توزيع تفاعل دوتشالمستخدمة من اجل المقارنة.

نلاحظ من المنحنى دالة التوزيع حقل الكهربائي$H(\beta)$ المحسوب بتفاعل دوتش –ديباي وكذلك المنحنى المحسوب بتفاعل ديباي عند نفس الشروط الكمومية، أن هناك فرق بين المنحنيين وذلك لوجود تأثير كمومي واضح حسب قيم η وسنشير لهذا الأمر من خلال المنحنى اللاحق. عند مقارنة منحنين دوتش ديباي بذلك الخاص بدوتش نلاحظ ان هناك فرق، ورغم ان منحى دوتش-ديباي ومنحنى دوتش نموذجين يدخل فيهما الفعل الكمومي والتفاعل الأول تقريب للتفاعل الثاني، لكن في هذه الشروط يظهر نموذج دوتش-ديباي استجابة سريعة للفعل الكمومي عن دوتش.أيضا نلاحظ تطابق منحى دوتش و منحنى ديباي الا في الحقول الكبيرة التي تقابل المسافات الصغيرة اين يكون هناك فرق ظاهر بين النموذجين. لذلك نعتبر أن نموذج دوتش-ديباي تقريب مقبول نسبيا في ظل الشروط المفروضة.

Γ	$n_e(cm^{-3})$	$T(K)$	η
0.12	1×10^{23}	1×10^{6}	0.56
0.12	2.58×10^{22}	6.5×10^{5}	0.445
0.12	1.52×10^{21}	2.5×10^{5}	0.28

الجدول (1.III) قيم درجة التكميم لحساب دالة التوزيع حقل الكهربائي.



الشكل (3.III) تغيرات دالة توزيع الحقل الكهربائي من أجل قيم مختلفة من أجل قيم مختلفة η ونفس قيمة

$\Gamma = 0.12$

يظهر الجدول(1,III)مختلف قيم درجة التكميم لحساب دالة التوزيع الحقل الكهربائي $H(\beta)$،حيث عند نفس معامل التزاوج وبتغير الوسائط درجة الحرارة والكثافة نحسب درجة التكميم.

حيث يمثل الشكل (2.III) دالة توزيع الحقل الكهربائي $H(\beta)$من أجل قيم مختلفة لمعامل الكمي= η $0.56; 0.44; 0.28$حسب الجدول السابق، من اجل نفس قيمة معامل التزاوج $\Gamma = 0.12$، حيث نلاحظ أنه كلما قلت درجة تكميم η قل تأثير الفعل الكمومي على دالة التوزيع الحقل الكهربائي$H(\beta)$ وبذلك تؤول منحنيات دالة التوزيع الحقل الكهربائي لتفاعل دوتش-ديباي المستخدم في عملناهذا مع منحى دالة التوزيع الحقل الكهربائي لكمون ديباي.

كما نلاحظ كلما زادت درجة التكميم η زاد إنزياح قمم المنحنيات نحو الحقلβ صغير لكن بشكل بطئ (المسافات الكبيرة)، ونلاحظ أن كلما كان الحقلβ كبير هناك انعكاس تأثير بين منحنيات المحسوبة بتفاعل دوتش –ديباي ومنحنى المحسوبة بتفاعل ديباي واصبح منحنى المحسوب بتفاعل دوتش –ديباي هو الأسفل ، حيث تنزاح نقطة التقاطع نحو قيم الحقلβ الأصغر كلما زادت قيمة درجة التكميم وهي منطقة التي يكون فيها تأثير الفعل الكمومي كبير.

III–4الخلاصة

تطرقنا في هذا الفصل إلى حساب دالة التوزيع الحقل الكهربائي بتطبيق تفاعل دوتش -ديباي،ومقارنتها بدالة التوزيع المحسوبة بتفاعل ديباي و المحسوبة بتفاعل دوتش. ثم قمنا بمناقشة ومقارنة النتائج المتحصل عليها فكانت نتائج جد مرضية للبلازمافي ظل الشروط المفروضة، كما أن عملنا هذا ماهو إلا بداية لتطبيق تفاعل دوتش –ديباي لحساب دالة توزيع الحقل الكهربائي بطريقة رياضية وهي بداية مقنعة وفق النتائج المتحصل عليا.

خاتمة

خاتمة عامة

في هذه المذكرة قمنا بدراسة عمليا اساسين يرتكزا على اظهار الفعل الكمومي عند المسافات الصغيرة للتفاعل بين مكونات البلازما. يمثل الأول في حساب دالة التوزيع القطرية باستعمال تفاعل دوتش- ديباي وهو تقريب لتفاعل دوتش عند طول ديباي أكبر بكثير من طول موجة ديبروغلي. أما العمل الثاني فهو يتمثل في حساب دالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري عند شائبة ايونية وباستخدام تفاعل دوتش –ديباي من اجل اظهار الفعل الكمومي عند المسافات الصغيرة جدا.

_في الفصل الأول تطرقنا الى دراسة عامة حول البلازما حيث تناولنا عنها تعاريف، كيفيه معالجتها وسلم تغيرها وأم مقادير التي تستخدم كوحدة السلم.

_في الفصل الثاني قمنا بحساب دالة التوزيع القطرية بدلالة تفاعل دوتش- ديباي المستخرج بتقريب تفاعل دوتش عند اعتبارات معينة. قمنا بمقارنة النتائج مع دوال التوزيع القطرية المحسوبه بتفاعل دوتش وكذلك المحسوبة بتفاعل ديباي.حيث لاحظنا أنه من أجل بلازما ضعيفة الارتباط أنه من أجل مسافات صفيرة هناك انحراف لمنحندالة توزيع القطريةالناتج عن تفاعل دوتش والمنحنى بتفاعل دوتش –ديباي عن المنحنى المحسوب بتفاعل ديباي وذلك نتيجة تأثير الفعل الكمومي في الشروط المفروضة.

_في الفصل الثالث ثم فيه حساب دالة توزيع الحقل الكهربائي $H(\beta)$ وذلك باعتماد على حساب دالة $nh(x)$ كتقريب أولي وهي بدورها تعتمد على الحقل الكهربائي الناتج عند الشائبة وقد استخدمنا تفاعل دوتش –ديباي، وقارنا النتائجو تحصنا على نتائج مرضية وأن تفاعل دوتش –ديباي المستخدم في عملنا هذا مقبول نسبيا في ظل الشروط الكمومية المفروضة .

كما لاحظنا في حالة تغير الشروط الكمومية أنه كلما قلت درجة التكميم قل تأثير فعل الكومي على دالة التوزيع الحقل الكهربائي.

النتائج المتحصل عليها مشعة جدا للخوض في هذا التفاعل الذي هو عبارة عن تقريب تفاعل دزتش، لهذا العمل أفاق واسعة منها:

- يمكن حساب الخصائص الترموديناميكية باستخدام هذا التفاعل وأيضا دوال الارتباط (الخواص الديناميكية للبلازما).
- يمكن استخدام هذا التفاعل لإظهار التأثيرالكمومي على مؤثر التصادم، وكذا الطيف او حتى عند حساب مشتقات الجزئية للدوال التوزيع.

المراجع

[1]إ.شيحي، حساب دوال توزيع الحقل الكهربائي الموضعي داخل البلازما،باستخدام المحاكات العددية مونتي كارلو :تطبيق على طيف الهليوم ،أطروحة الدكتوراه جامعة منتوري قسنطينة (2005) .

[2]منال محمودي ،دراسة التعريض الإلكتروني في حالة القيم الصغيرة لوسيط الصدم في البلازما ، مذكرة ماستر أكديمي جامعة قاصدي مرباح ورقلة (2013).

[3] سليمة قريشة،مساهمة في دراسة توزيعات المشتقات الفضائية للحقول الكهربائية الموضعية في البلازما ،مذكرة ماجستير جامعة قاصدي مرباح ورقلة(2008).

[4]تجاجنة ربيعة ،حساب دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري في البلازما ذات مركب واحد باستخدام تفاعل ديباي غير خطي ،مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة قاصدي مرباح ورقلة(2015).

[5] محاضرة دكتور إبراهيم سعد الله في الفيزياء البلازما السنة اولى ماستر 2012.جامعة الوادي

[6] وليد مصطفى صهيوني ، مقدمة في البلازما ،يونيو 2006، سلطنة عمان .

[7] قريشي سليمة،استخدام نموذج الجسيمات المستقلة لحساب دوال توزيع المشتقات الفضائية للحقل الكهربائي الأيوني الموضعي في البلازما، أطروحة الدكتوراه،جامعة قاصدي مرباح ،2013 ورقلة.

[8] CHEBOUAT ZINEB ،Fonctions d'auto-corrélation dans deux plasmas modèles، Mémoire MASTER ACADEMIQUE UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA (2016).

[9]B. Held، 'physique des plasmas froids '،Massom paris(1994).

[10] S.Douis; thèse de DOCTORAT، Université de Ouargla (Algérie)،Septembre (2013).

[11] T. Chohra; thèse de Magistere، Université de Ouargla (Algérie)، Avril (2000).

[12]C. Cereceda and J. Puerta: New Calculation of the Electrical Microfield Distribution inPlasma. Journal of Astrophysics and Space Science, (1998).

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

[14] B. Held. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer Vol. 44, No. 1, pp. 11-17 (1990).

ملخص

من خلال هذا العمل، قمنا بدراسة تأثير الفعل الكمومي على حساب دالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري، وأيضا على تأثيرها على حساب دالة التوزيع القطرية باستخدام تفاعل دوتش–ديباي لشائبة ايونية مع أيونات البلازما ذات مركب واحد ($Z = 1$). هذا التفاعل هو ناتج عن تقريب لتفاعل دوتش عند طول ديباي اكبر من طول موجة ديبروغلي الحرارية.معرفة دالة التوزيع الحقل الكهربائي المجهري عنصر مهم لحل العديد من المسائل، خاصة حساب تعريض خطوط الطيف.

الكلمات المفتاحية:دالة توزيع الحقل الكهربائي المجهري،تفاعل دوتش، طول موجة ديبروغلي.

Résumé

Dans ce travail, nous avons étudié l'effet quantique sur le calcul de la fonction de la distribution du microchamp électrique, et aussi sur le calcul de la fonction de distribution radiale, par l'utilisation de l'interaction de Deutsch-Debye d'impureté ionique avec les ions d'un plasma à une seule composante ($Z = 1$). Cette interaction est résultat d'approximation de l'interaction de Deutsch dans le cas où la longueur de Debye supérieure à la longueur d'onde de DeBroglie thermique. La connaissance de la fonction de distribution du microchamp électrique est un élément majeur pour la résolution des nombreux problèmes, en particulier le calcul de l'élargissement des raies spectrales.

Mots clés :fonction de distribution de microchampélectrique, interaction de Deutsch, longueur d'onde de De Broglie.

Abstract

In this work, we studied the quantum effect on the calculation of the electric microfield distribution function, and also on the calculation of the radial distribution function, by using of the Deutsch-Debye interaction by impurity ion with the ions of the one component plasma ($Z = 1$). This interaction is an approximation of the Deutsch interaction in the case where the Debye length superior than the De Broglie thermic wavelength. The knowledge of the electric microfield distribution function is a major element in solving the many problems, in particular the calculation of the line shapes broadening.

Key words: electric microfield distribution, Deutsch interaction, De Broglie thermic wavelength interaction.