البلازما

محاضرة 1 ، 2 و 3

محاضرة ①

- معادلة بولتزمان :

تدخل هذه المعادلة في دراسة البلازما كغاز وتظهر ما يأتي :

① الحصول على معادلة رياضية توضح كيفية تغير دالة التوزيع بسبب انواع التصادمات داخل البلازما

② يمكن تمثيل عدد الجسيمات التي حجمها $d\vec{x}$ موقعها وسرعتها عند لحظة زمنية بالكل والصيغة التالية : $dN_\alpha(\vec{x}, \vec{v}, t)$

حيث ان α : هي نوع الجسيمات

③ في حالة عدم اخذ تأثيرات عملية التصادم بين الجسيمات وبعد مرور فترة زمنية مقدارها (Δt) فإن كل جسيم يتحرك مسافة وينتقل الى موقع جديد هو :

$$(\Delta t) \Rightarrow (\vec{x} + \vec{v}\Delta t)$$

عوضنا

$$\vec{v} = \frac{\vec{x}}{t} \Rightarrow \frac{\vec{x}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{x} = \vec{v}\Delta t$$

④ السرعة تتغير بموقع جديد وتصبح الصيغة الجديدة هي :

$$v = (\vec{v} + \vec{a}\Delta t)$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}}{t} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{v}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{v} = a\Delta t$$

⑤ الفرق الحاصل في عدد الجسيمات بين حالتها عند اللحظة t هي :

$$dN_\alpha(\vec{x}, \vec{v}, t)$$

وبعد مرور Δt تكون بالصيغة التالية :

$$dN_\alpha((\vec{x} + \vec{v}\Delta t), \vec{v} + \vec{a}\Delta t, t + \Delta t)$$

حيث ان $(\vec{x} + \vec{v}\Delta t)$ تعبر كموقع

AMIGO

⑥ نتيجة تأثير التصادمات بين الجسيمات يمكن كتابة دالة التوزيع كجسيمات α بالفرق بين دالة التوزيع في الحالة الجديدة ودالة التوزيع وبين حالة التوزيع في الحالة الابتدائية وكما ممثل في الصيغة التالية:

$$[F_\alpha(\vec{X}, \vec{V}\Delta t, \vec{V}+\vec{a}\Delta t, t+\Delta t) - F_\alpha(\vec{X}, \vec{V}\Delta t)\, d^3x\, d^3V = \left(\frac{dF_\alpha}{dt}\right)_{col} d^3x\, d^3v\, dt \quad \text{---} \quad ①$$

حيث ان col: هي تصادمات كولجن

و $\left(\frac{dF_\alpha}{dt}\right)$: هي مقدار التغير في دالة التوزيع والناتجة عن التصادمات لكل وحدة زمن

⑦ نجد مفكوك الحد الايسر من معادلة ① عند اقتراب Δt من الصفر نحصل على معادلة بولتزمان وتكون المعادلة بعد اجراء المفكوك بالصيغة التالية:

$$F_\alpha(\vec{X}+\vec{V}\Delta t, \vec{V}+\vec{a}\Delta t, t+\Delta t) = F_\alpha(\vec{X}, \vec{V}, t) + \frac{dF_\alpha}{dX_i} v_i + \frac{dF_\alpha}{dv_i} a_i + \frac{dF_\alpha}{dt} + \text{---})(\Delta t)^2$$

عند اقتراب Δt من الصفر ② $\quad \frac{dF_\alpha}{dt} + v_i \frac{dF_\alpha}{dX_i} + a_i \frac{dF_i}{dv_i} = \left(\frac{dF_\alpha}{dt}\right)$ ---

ومعادلة ② هي معادلة بولتزمان

س / اكتب معادلة انشتاين وماهو المعنى والتفسير الفيزيائي للمعادلة

ج / ① ان معادلة بولتزمان المعرفة بالصيغة الاخيرة تكون غير دقيقة جدا" لاننا لم نعرف قيمة الحد الخاص بالتصادمات وذلك لان هذا الحد يحدث عندما تكون متساوية او تقترب من الصفر اي في حالة اهمال تأثير التصادمات

② من الممكن الاستفادة معادلة بولتزمان لتفسير الكثير من الخواص الخاصة بالبلازما عند اهمال حد التصادمات واعتبارها محيط لا تحدث فيه تصادمات كما في حالة البلازما ذات الكثافة الواطئة.

AMIGO

س/ عدد النماذج الخاصة بمعاملة البلازما كغاز ؟

ج/ ① معادلة بولتزمان

② معادلة بولتزمان - فلاسوف

③ نموذج كروك للتصادمات

م: معادلة بولتزمان - فلاسوف ؟

① البلازما عبارة عن خليط من والايونات والذرات المتعادلة .

② ان الكثير من تغيرات البلازما تتم بأخذ الالكترونات فقط بسبب الكتلة .

③ تستخدم معادلة بولتزمان - فلاسوف على غاز يسمى غاز لورنس الذي هو عبارة عن غاز مكون من الالكترونات الواقعة تحت عدد مساوٍ لها من الايونات المستقرة وهذه الخاصية تفيدنا في تطبيق معادلة بولتزمان على الالكترونات فقط.

④ التعجيل الناتج عن الالكترونات تحت غاز لورنس يعطى بالعلاقة التالية :

$$\vec{a} = \frac{-e}{m}(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

حيث E و v تمثل المجالات الكهربائية والمغناطيسية التي تحقق شرط معادلة ماكسويل

⑤ في حال ربط تعجيل لورنس باكد ، الخاص بالتصادمات الموجودة في معادلة بولتزمان وبالتعويض عن حد التصادمات بمساواتها بالصفر نحصل على المعادلة التالية التي لا تأخذ عملية التصادم بنظر الاعتبار وتسمى معادلة (بولتزمان - فلاسوف) وبالصيغة التالية :

$$\frac{df}{dt} + v_i \frac{df}{dx_i} - \frac{e}{m}(\vec{E}_i + (\vec{v} \times \vec{B}))\frac{df}{dv_i} = 0 \quad \text{---} \quad (3)$$

وتسمى معادلة (BV)

AMIGO

س/ فسر معادلة ③ ؟

ج/ التقريب الناتج المستخدم في المعادلة الاخيرة تم اثبات انه ليس بعيد جداً عن الناتج الدقيقة والمستحصلة باستخدام حدود تفاضلية بالتصادمات

② ان جزء من التأثيرات التي تطرأ على دالة التوزيع (F_x) هي في الحقيقة نتيجة قوة لورنس التي لها علاقة مباشرة من خلال معادلات ماكسويل في التيار وكثافة الشحنة في البلازما.

م: نموذج كروك للتصادمات

- يمكن تفسيره حسب النقاط التالية:-

① في بعض الحالات التي يكون الحد الخاص بالتصادمات مهماً فيجب اخذ بنظر الاعتبار وضع صيغة تقريبية مبسطة لهذا الحل.

② الصيغة تعتمد اعتبار وجود دالة توزيع في حالة التوازن (F_0) (0) يعني توازن

③ اعتبار تأثير التصادمات في حالة تغير يكون تغير دالة التوزيع كدالة التوازن باستمرار، بعد كل تصادم نسبة الى دالة اخرى (F)

④ التغير الكلي في (F) خلال وحدة الزمن والناتج عن هذه التصادمات هو (مقدار الفرق بين الدالتين الجديدة ودالة التوازن مضروباً في عدد التصادمات للثانية الواحدة والمعبر عنه حسب المعادلة التالية:

$$\left(\frac{dF}{dt}\right)_c = -\nu(f - f_0) \quad \text{---} ④$$

ν: تردد وتشير الى حدوث التصادمات

c: التصادمات

AMigo

⑤ في حال عدم وجود قوة خارجية تؤثر على البلازما وحينها تكون f_0 و v غير معتمدة على الزمن والحل العام للمعادلة سيكون عبارة عن (مجموع الحل المتجانس والحل الجزئي) وعند اقتراب t من الصفر نحصل على نموذج كروك والذي يسمى كذلك بالنموذج الاسترخائي

$$\frac{df}{dt} = -v(f - f_0)$$

$$f = ce^{-vt} + f_0 \quad \text{---} ⑤$$ } معادلة كروك

ce^{-vt} $+ f_0$

حيث الحد الاول ce^{-vt} يمثل الحل المتجانس
f_0 تمثل الحل الجزئي

اي :

$f = ce^{-vt}$ ← حل متجانس

$f = f_0$ ← حل جزئي

تفسير معادلة ⑤ : ① نستفاد منه في حساب جميع التكاملات الخاصة بالتصادم في المعادلة العامة للانتقال .

ب) يمكن اثبات عن طريق هذا النموذج انها في حالات حفظ الكتلة و الزخم والطاقة والتي تعتبر كميات متزيائية تخضع لقوانين الحفظ اثناء التصادمات في حالة اعتبار (f_0) هي دالة كوزجي بولتزمان الاعتيادية (اي دون صدوث اي تغيير) .

⑦ نموذج كروك يعتبر نموذج مبسط جداً للحالات التي نجد فيها دراسة البلازما بشكل كامل اي في اخذ التصادمات بين الايونات والالكترونات فيما بينها .

(ج) لايميز هذا النموذج بين التصادمات بسبب سرعة وصول معدل اي كمية فيزيائية الى حالة التوازن ستكون نفسها (لجميع الكميات الفيزيائية) لان العامل الخاص بالحل اطبقانس سيكون مشترك لجميع الخواص الفيزيائية لذلك لايمكن اعتماد النموذج في الحالات التي تكون فيها التصادمات بين نفس النوع من الجسيمات وباهمال التصادمات بين الانواع المختلفة من الجسيمات).

(د) في حالة $t=0$ فإن المعادلة ستصبح بالصيغة التالية:

$$F(\vec{v},t) - f_0 = [f(\vec{v},0) - f_0]\, e^{-\nu t}$$

AMIGO

محاضرة (2)

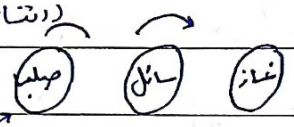
س/ ماهي البلازما؟ واين توجد؟ وكيف تتولد؟

ج/ توجد المادة بثلاث حالات الصلبة والسائلة والغازية ومن الممكن احداث تغيير في حالة مادة معينة عن طريق: (احداث تغيير في درجة حرارة المادة).

وان العامل الرئيسي المشترك الذي يجمع حالات المادة الثلاث (ان ذرات او جزيئات المادة تكون متعادلة كهربائياً، عند وجود المادة في اي حالة من حالاتها الثلاث).

وكذلك تكون موجودة اثناء عملية انتقال المادة من حالة الى اخرى.

- تكون كل من الحالات الصلبة والسائلة والغازية تكون متعادلة كهربائياً اثناء انتقالها من حالة الى اخرى



(2) من الممكن وجود المادة بحالة اخرى تختلف كلياً من خلال (الاخلال بالتعادل الكهربائي لذرات او جزيئات المادة). وهذه تمثل الحالة الرابعة للمادة.

والذي جاء اكتشافها متأخراً الا انها تشكل في الواقع اكثر حالات المادة شيوعاً في الكون

(ان الشمس والنجوم تعتبر كتل كبيرة من البلازما الساخنة والتي تسمى بحالة البلازما)

(3) ان حالة البلازما تطلق او تسمى اثناء وجودها بدرجة عالية من التأين في المادة اي عندما تكون نسبة عالية من ذرات المادة موجودة بشكل ايونات موجبة مع الكترونات سالبة.

AMIGO

④ ان البلازما لاتقتصر على الغاز ، انما تتواجد ضمن الحالة الصلبة او السائلة ، مثل: الشباه الموصلات الصلبة حيث توجد بشكل جسيمات موجبة ممثلة بالفجوات ، والكترونات مرة ، وكذلك مثال: وجود الالكترونات والايونات ضمن محلول مائي (الكتروليتي) او في ملح منصهر

ولكن لاتزال الحالة الغازية اكثر شيوعاً بالنسبة للدراسات النظرية والعملية للبلازما .

غازية → صلبة → سائلة
اكثر شيوعا — اشباه موصلات — ملح منصهر

⑤ ان البلازما اكثر شيوعاً للمادة لان معظم المادة الكونية الموجودة في الكون ممثلاً وهي في درجة حرارة عالية جداً ، بشرط :

ان تصل فيها الطاقة الحركية لذرات المادة كافية جداً لاحداث تأين عند عمليات التصادم المتكررة .

بالاضافة الى توفير طاقة حركية فائضة للايونات تكفي للتغلب على التنافر الكهروستاتيكي بين الايونات الموجبة مما يؤدي الى حدوث تفاعلات الاندماج النووي تقوم بدورها بتوليد كميات كبيرة من الطاقة والتي هي الاساس في توليد الطاقة في الكون .

⑥ يقتصر وجود البلازما بشكل طبيعي على سطح الكرة الارضية على عملية تأين جزيئات الهواء المحيط بالكرة الارضية والناتج عن :
(سقوط الاشعة فوق البنفسجية على الطبقة الهوائية المحيطة بالارض بالاضافة الى عمليات التأين التي تحدث في الغيوم .

والطبقة المحيطة التي تسقط الناتجة من سقوط الاشعة على الارض تسمى الايونوسفير

AMIGO

جامعة تكريت
كلية العلوم
قسم الفيزياء

البلازما

المحاضرة الثالثة والرابعة

استاذ دكتورة عواطف صابر جاسم

⑦ الطريقة الشائعة لتوليد البلازما مختبرياً تتابع الى (@البدء بغاز تحت ضغط يعادل جزءاً معيناً من معدل الضغط الجوي الاعتيادي)
@ تسخين هذا الغاز كيميائياً تضيع الطاقة الحركية لجسيماته مساوية او تزيد عن مقدار طاقة التأين للذرة (ذرة الغاز)
@ ان عمليات التصادم غير المرن بين جزيئات او ذرات الغاز تؤدي الى احداث تأينات متتالية في هذه الذرات وتحدث عملية التأينات عندما تكون درجة حرارة الغاز كافية لان تكسب ذرات الغاز طاقة حركية مساوية لجهد التأين او اعلى

⑨ ان درجة حرارة العتبة لمعظم انواع البلازما تقع بين (١٠٠٠٠ - ١٥٠٠٠٠) درجة كلفن او اعلى وقد تصل الى (عدة ملايين من الدرجات المطلقة)

⑧ يمكن مشاهدة البلازما في حالة تأين يومياً كما في (المصابيح الكهربائية الفلورسنت والمصابيح الزئبقية والمصابيح الهالوجينية)

في هذه الحالات يجب توفر شرط لاستمرار العمل هو:
ان البلازما تتعرض لعملية تبريد مستمرة وسريعة بسبب تصادم الالكترونات والايونات بجدار المصباح البارد ولذلك ففي هذه حالات المصابيح تحصل على تأين جزئي فقط (صح لاتكسر)
لجدران الغاز ويتم ضخ كميات كبيرة نسبياً من القدرة الكهربائية الى المصباح

⑨ ان وجود البلازما في درجة حرارة عالية يجابه مسألة (احتواء البلازما) حيث لايمكن احتواء البلازما مباشرة داخل وعاء مادي لان درجة حرارة البلازما العالية ستؤدي الى صهر مادة الوعاء ومن الطرق المحافظة هو وضع البلازما والمحافظة عليها ضمن مجالات مغناطيسية بحيث لايسمح للبلازما ان تلامس الجدران العادية للوعاء

AMigo

س/ ماهي اهمية دراسة البلازما (المحاضرة الاولى والثانية لمي ضامر ابتاع)

ج/ ① ان البلازما هي الحالة الاكثر شيوعا" للمادة عند درجات الحرارة العالية

② البلازما موصل جيد للتيار الكهربائي ومصدر للضوء

③ ان البلازما نظام ديناميكي تتحكم به القوة الكهرومغناطيسية

④ تعالج مشاكل تجابه بناء مفاعلات الاندماج النووي والتحول للطاقة الحرارية الى كهربائية والتي تمثل بالمولدات (المغناطو هيدرو ديناميكي)

⑤ لها تطبيقات كثيرة (مثل التطبيقات الطبية والصناعية وغيرها

س/ (مهم يومي بيجي دور ١ و ٢)! المفاعلات الاندماج النووي

① الهدف هو (تحقيق تفاعلات الاندماج نووي مسيطر عليه) وهو عملية الحاد نوى خفيفة (يعني عدد بروتوناتها ونيوتروناتها قليل) لتكون نوى اثقل منها فينتج تحرير كميات كبيرة من الطاقة لان مجموع كتل النوى الناتجة من التفاعل اقل من مجموع النوى الداخلة في التفاعل وبسبب الفرق في الكتلة سينتج طاقة متحررة مقدارها: $\Delta E = \Delta m c^2$ ——— (A) في الصيغة

② من اهم التفاعلات التي استغلال العلماء في انتاج طاقة الاندماج النووي هي التفاعلات التالية:

ديتيريوم مع ديتيريوم يولد هيليوم (3)

$$_1H^2 + {}_1H^2 \longrightarrow {}_2He^3 + {}_0n^1 + 3.27\ Mev$$

$$_1H^3 + {}_1H^2 \longrightarrow {}_2H^3 + {}_1H^1 + 4.03\ Mev$$

$$_1H^2 + {}_1H^3 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 + 17.58\ Mev$$

$$_1H^2 + {}_2He^3 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_1H^1 + 18.34\ Mev$$

Amigo

محاضرة (3) :

ماذا نستنتج من معادلات تفاعلات الاندماج طاقة الاندماج النووي ؟

① ان مقدار الطاقة المتحررة في هذه التفاعلات المستعملة لانتاج طاقة الاندماج النووي هو مقدار كبير بالمقارنة مع الطاقة المتحررة من انشطار النواة

② نسبة الكتل المشتركة في التفاعل بين تفاعلات الاندماج والانشطار تساوي (1/50) او (1:50)

③ الطاقة المتحررة بعدها لكل وحدة كتلة مشتركة في التفاعل ليكون مقدار 3.6Mev في تفاعلات الاندماج بينما معدل الطاقة المتحررة في تفاعلات الانشطار ستكون بحدود 0.9Mev

مهم نزاعات او اقتباسات

④ المشكلة الرئيسية في تحقيق التفاعل الاندماجي هو (ان النوى المتفاعلة يجب ان تقترب مسافة ($10^{-14}m$) لكي يظهر تأثير قوى فعل القوى النووية وهيرة المدى).

⑤ نوى الذرات تحمل شحنات موجبة فتتنافر مع بعضها حسب قانون كولوم

⑥ الشرط الاساسي الواجب توفره ان تكون الطاقة الحركية للنوى المتفاعلة مساوية او اكبر من مقدار الجهد الكهربائي بين الشحنات المتنافرة عند المسافة ($10^{-14}m$) ومقدار طاقة جهد كولوم تعطى حسب العلاقة التالية :

$$U_c = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{4\pi \varepsilon_0 R} \quad \text{---} (1)$$

حيث ان Z_1, Z_2 : الاعداد الذرية للنواة النوى المتفاعلة

e : شحنة الالكترون

R : المسافة بين النواتين ، وستكون طاقة جهد كولوم عند التكوين بمسافة الاقتراب ($10^{-14}m$) تساوي مساوية الى :

AMigo

$U_c = 1.44 \times 10^5 \; Z_1 Z_2 \quad (eV)$ U_c : طاقة جهد كولوم

⑦ حيث: الطاقة الحركية للجسيمات حسب اطلاقيل الاحصائي بالدالة (درجة الحرارة ستكون مساوية الى :

$$K.E = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{3}{2} KT \quad \text{---} ⑦$$

⑧ ان الشرط الاساسي في معادلة ⑦ هو (ان تكون الطاقة الحركية مساوية او اكبر من طاقة جهد كولوم في معادلة ⑥ .

⑨ عند التعويض عن ثابت بولتزمان نجد ان درجة الحرارة يجب ان تكون بحدود 10^{90} درجة مطلقة ، حيث ان التعبير بين درجة الحرارة وطاقة الحركية اكاكانت بوحدات الكترون فولت eV لذلك فان درجة الحرارة اللازمة لاحداث تفاعل نووي اندماجي يجب ان تكون بحدود $10^5 eV$ اوما يعادل 100 keV .

⑩ المشكلة الاساسية هي (احتواء البلازما عند درجات حرارية عالية) و لابقاء البلازما لفترة زمنية معينة كافية للحصول على (سلسلة مستمرة من تفاعلات النووية المسيطر عليها) .

شرح : هذه الفكرة الاساسية عن مقدار الكثافة والزمن حيث تقوم باحتواء البلازما لفترة زمنية معينة مقدارها (τ) تاو تحكمي لاحداث تفاعلات الاندماجية في بيئة معينة من العقود ، ولاجل تحديد هذه الفترة نفرض وجود اسطوانة مساحة قاعدتها مساوية لمساحة مقطع التفاعل .

(ΔA area $= \sigma$) مساوي لـ سكما

وطول الاسطوانة يكون مساوي لـ $(V\frac{1}{t})$ $V = \frac{d}{t}$ $\rightarrow d = vt$

حيث V : معدل سرعة جسيمات البلازما وعدد الجسيمات للوحدة حجوم (n) وبناءً على ذلك فان (معدل عدد التفاعلات سيكون مساوياً الى هذه المعطيات الموجودة اي لسياوي : $(nV\sigma)$

Amigo

ولذلك فإن الشرط اللازم لاستمرار التفاعل هو حدوث ما لا يقل عن تفاعل واحد في الاسطوانة خلال الفترة الزمنية (τ) ولا يقل عن واحد أي يساوي أو أكثر من واحد ($n v t \sigma \geq 1$)

(11) حسب النظرية الحركية للغازات سيكون معدل السرعة يعطى حسب العلاقة التالية:

$$V = \left(\frac{3kT}{m}\right)^{1/2} \quad \text{---(8)}$$

(12) في حالة أخذ تفاعل من التفاعلات الأساسية المستخلصة لإنتاج طاقة الاندماج النووي نختار تفاعل ديتريوم مع تريتيوم: $^2_1H - {}^2_1H$ (ديتريوم)

عندما تكون طاقة الجسيمات بدرجة مقابلة ($300 keV$)

ومساحة المقطع العرضي للتفاعل ($10^{-29} m^2$)

فإن الشرط بين الكثافة والفترة الزمنية للاستمرار سيكون مساويا أو أكبر للرقم التالي:

$n\tau \geq 1.5 \times 10^{20}$

(13) من الطرق المتبعة للوصول الى هذا الرقم طريقتين الاولى تعتمد على احتواء كثافة عالية جدا للبلازما خلال فترات زمنية قصيرة والطريقة الثانية تعتمد على زيادة الفترة الزمنية والابقاء على (n) عدد الجسيمات معدل التفاعلات بقيمة معقولة:

اسطوانة

$A = \sigma$

$\tau = nVA$

$n =$

$d = vt$

م٥: المولدات المغناطو هيدروديناميكية

① هي احدى التطبيقات المهمة في البلازما بتحويل الطاقة الحرارية للبلازما الى طاقة كهربائية (بشكل مباشر) والفكرة الاساسية تعتمد على استخدام المجالات المغناطيسية.

② المجالات المغناطيسية تكون عمودية على اتجاه حركة البلازما.

③ يتم حقن المنظومة المستخدمة بالبلازما بسرعة مقدارها (V) في اتجاه (x) كما موضح في الشكل التالي

مع وجود مجال مغناطيسي عمودي في الاتجاه (y) وشدته تقاس بالوحدة $\vec{B}$ ووحدتها (ويبر/متر مربع)

④ في حالة عدم وجود حمل كهربائي في الدائرة الكهربائية الخاصة بهذه المولدات فانه لايوجد تيار في الدائرة الكهربائية وهذا يؤدي الى (تجمع الايونات الموجبة والالكترونات السالبة على الوجهين الخاصة بالمولد المغناطو هيدروديناميك).

⑤ الجهد الكهربائي الناتج يرمز له بالرمز Φ وهذا معناه توليد مجال كهربائي شدته E بعكس اتجاه القوة المغناطيسية المعرفة بمعادلة (VB) والمعادلة المتبعة بين محاكاة المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي تقاس حسب المعادلة ⑨

$$\frac{d\Phi}{dz} = -E = VB \quad \text{---} ⑨$$

واجب (معادلات ماكسويل)

⑥ حل معادلة ⑨ سيعطي مقدار الجهد بين مسافة معينة ومسافة الاتزان وسيكون تبعاً لمعادلة ⑨ مساوية الى :-

$$d\Phi = \int VB\,dz$$

$$\Phi = \Phi(d) - \Phi(0) = VBd \quad \text{(10)}$$

⑦ عند استخدام الدائرة الكهربائية المتشعبة في حالة اكثر من مولدات فالتيار المار في الدائرة يعطى حسب المعادلة التالية :

$$I = \frac{\Phi}{R} = \frac{\Phi}{(R_L + R_P)}$$

حيث ان R_L : مقاومة الحمل

R_P : مقاومة البلازما

الرسم بالكتاب ص 18 مطلوب

⑧ مهم (ان اقصى قدرة كهربائية يمكن الحصول عليها عندما تكون :

$$R_L = R_P$$

والقدرة نحصل عليها من ضرب التيار والجهد :

$$P = \Phi I$$

⑨ لمعرفة مقاومة البلازما يمكن اعتبار البلازما الموجودة بين الصفيحتين موصلة ومعامل توصيلها هو σ والعلاقة بين معامل التوصيلية والمساحة ومقاومة البلازما تعطى حسب العلاقة التالية :

$$R_P = \frac{d}{A\sigma}$$

حيث A : مساحة اللوحين ، d : المسافة بين اللوحين

وبذلك تكون القدرة القصوى المولدة في هذه الحالة هي القدرة القصوى المولدة في حالة الاقتران وتكون حسب المعادلة التالية :

$$P_{max} = \frac{\Phi}{4R_p} = \frac{1}{4} V^2 B^2 \sigma V \quad \text{---} (11)$$

$$V = Ad \quad \text{---} (12)$$

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho V^3 S \quad \text{---} (13)$$

معادلة (11) هي القدرة القصوى المولدة

م (12) هي حجم المولد

م (13) هي القدرة الداخلة في حالة اعتبار ρ هي كثافة البلازما ومقدار الطاقة الحركية لكل وحدة حجم في البلازما هي :

$$\left| \frac{1}{2} \rho V^2 \right|$$

(10) ان قيمة مقدار الطاقة الداخلة الى المولد ستكون بقيمة معينة ليكون مصدر تمكننا من تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كهربائية .

س/ مهم عند استخدام المولد المغناطو هيدروديناميكي احسب مقدار القدرة الداخلة من المعادلات التالية وما هو الغرض من استخدام هذه المولدات وهل تحتاج الى معامل توصيل كهربائي لقيمة واطئة ام عالية وكذلك تدرس قيمة الكثافة حسب تطبيق البلازما في هذه المولدات

$\sigma = 100 \text{ mho/m}^2$, $B = 1 \text{ w/m}^2$, $V = 10^3 \text{ m/s}$, $d = 0.1 \text{ m}$ H.W

$\rho = 10^{-1} \text{ kg m/m}^3$, $S = 0.05 \text{ m}^2$ / ع.

AMIGO