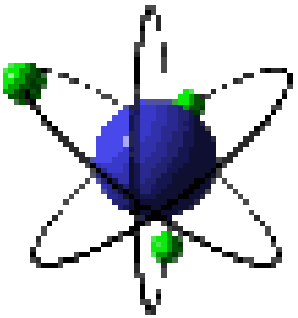
جامعة الأنبار
كلية التربية
قسم الفيزياء
المرحلة: الأولى
الدراسة الصباحية
المادة: الحرارة وخواص المادة



الفصل السادس

البلازما: The Plasma

حالات المادة: The State of Matter

توجد المادة في الحياة اليومية في ثلاث حالات، وهي الصلبة والسائلة والغازية كما يمكن للمادة -تحت ظروف خاصة-أن تتواجد في حالة رابعة وهي حالة البلازما.

1.الحالة الصلبة: Solid State

تكون المادة في جميع حالاتها من ذرات أو جزيئات، وتتميز الحالة الصلبة بان ذراتها أو جزيئاتها مرتبة أما ترتيبا منتظما ودوريا في شكل بلوري (Crystalline)، أو ترتيبا عشوائيا، أي لا بلوري (Amorphous). وتربط هذه الذرات أو الجزيئات بعضها ببعض قوة كبيرة جدا تمنعها عن الانتقال من مكان إلى مكان، وهذا يعطي للمادة في الحالة الصلبة شكلا وحجما ثابتين. هذه القوة تسمى بقوة الترابط (Binding Force)، وهي تختلف من مادة إلى أخرى، فالترابط قد يكون أيونيا (Ion Bond) كما في حالة ملح الطعام، أو ترابطا تساهميا (Covalent Bond) كما هو الحال في الكربون، أو ترابطا هيدروجينيا كما هو الحال في المواد العضوية.

2.الحالة السائلة: Liquid State

تشبه الحالة السائلة للمادة الحالة الصلبة في انه توجد قوة ترابط بين الجزيئات، غير إن القوة في هذه الحالة اضعف مما هي عليه في الحالة الصلبة مما يجعل الجزيئات القدرة على الدوران والانتقال من مكان إلى آخر. والسائل له حجم ثابت، ولكن ليس له شكل ثابت، فهو يأخذ شكل الوعاء الذي يحويه.

3.الحالة الغازية: Gaseous State

عندما تكون المادة في الحالة الغازية فانه يمكن القول بأنه لا توجد قوة ترابط بين الذرات أو الجزيئات، أو أن هذه القوة ضعيفة جدا لدرجة اعتبار أن الذرات أو الجزيئات حرة الحركة. هذا يترتب عليه أن المادة في هذه الحالة ليس لها شكلا أو حجما ثابتا، فإذا وضع الغاز في إناء فانه سيأخذ شكل وحجم ذلك الإناء، ولو وصل هذا الإناء بإناء آخر فان نفس كمية الغاز ستملأ الحجم الجديد.

4.البلازما: Plasma

تتكون البلازما من خليط من الايونات الموجبة والالكترونات السالبة وعدد كبير من الذرات المتعادلة، ويكون عادة عدد الايونات الموجبة مساويا لعدد الالكترونات. وعندما تكون البلازما في درجة حرارة منخفضة فإنها تحتوي على عدد كبير جدا من الذرات المتعادلة، ولكن عند ارتفاع درجة الحرارة يتأين جزء كبير من هذه الذرات، وبالتالي يزيد عدد كل من الايونات الموجبة والالكترونات السالبة، ولعل أحسن مثال لتوضيح هذه الحالات هو الماء، فالماء يكون جليدا(الحالة الصلبة) في درجات الحرارة المنخفضة، وباكتسابه طاقة حرارية كافية فانه يتحول إلى بخار(الحالة الغازية)، ويمكن أن تتحول هذه الحالة إلى حالة البلازما إذا ما توفرت ظروف معينه من الضغط والحرارة.

المقدمة:

إن المادة في الحالات الثلاث (الصلبة، السائلة والغازية) لأتشكل سوى اقل من 10% من المادة الكلية الموجودة في الكون، وان ما تبقى من هذه النسبة وهي أكثر من 90% فتمثلها الحالة الأيونية، وهي ما يطلق عليه اليوم الحالة الرابعة للمادة أو حالة البلازما. لقد ازدادت أهمية دراسة البلازما حديثا، وذلك لزيادة استخداماتها العملية في التكنولوجيا الحديثة، فضلا عن أن الآمال المعقودة على أنها ستكون مصدر طاقة المستقبل البديلة.

يمكن إحداث تغير في حالات المادة الثلاث الأولى وذلك بتغير درجة حرارتها. إن المادة وان اختلفت في طبيعة حالاتها الثلاث، إلا انه يوجد عامل مشترك بين هذه الحالات وهو أن المادة تكون متعادلة كهربائيا سواءا كانت صلبة أو سائلة أو غازية. إن معظم مادة الكون تكون بحالة غير متعادلة كهربائيا، إذ يمكن وصف الشمس والنجوم ككتلا هائلة من البلازما الساخنة (حالة المادة).

البلازما: The Plasma

تعرف حالة المادة بـ(البلازما) عندما تكون نسبة عالية من ذراتها موجودة على شكل ايونات موجبة منفصلة عن الكتروناتها السالبة. تتأين ذرات وجزيئات الغاز العالي التأين في درجات حرارية عالية جدا بصورة طبيعية على سطح الكرة الأرضية، بل يتم إنتاجها اصطناعيا في مختبرات خاصة.

توليد البلازما: Plasma Production

يتم توليد البلازما بتسخين الغاز تحت ضغط واطئ إلى درجات حرارية عالية بحيث تصبح الطاقة الحركية لذراته وجزيئاته مساوية أو تزيد على طاقة تأين تلك الذرات والجزيئات. إن درجة حرارة الغاز يجب أن تكون عالية وبحدود 10^4 إلى 10^5 درجة كلفنية وقد تصل إلى ملايين الدرجات الحرارية.

يعد الغاز المتأين جزيئا في المصابيح الكهربائية المتفلورة وغيرها بلازما تتعرض باستمرار إلى تبريد مستمر نتيجة لاصطدام الايونات الموجبة والالكترونات السالبة بجدران المصابيح ذي درجة الحرارة المنخفضة. لا يمكن الاحتفاظ بالبلازما داخل أوعية مادية لان درجة حرارة البلازما العالية ستؤدي إلى صهر هذه الأوعية. وقد أمكن الاحتفاظ بالبلازما في درجات الحرارة العالية ضمن المجالات المغناطيسية التي تمنع البلازما من التلامس مع جدران الأوعية المادية.

دراسة البلازما: Investigation of Plasma

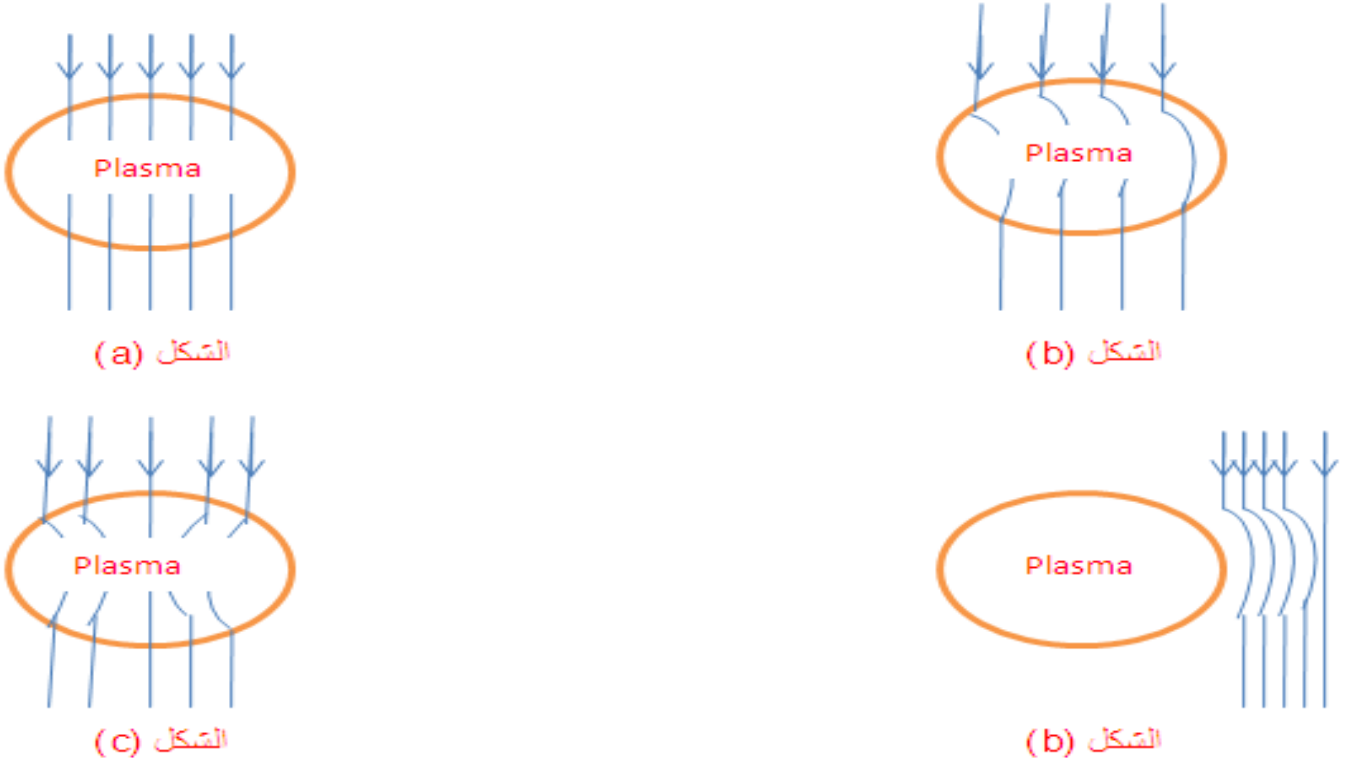
هناك أسباب كثيرة تقف وراء اهتمام العلماء واستخدامهم لتقنيات حديثة ومكلفة من اجل دراسة وفهم طبيعة البلازما، واستنباط الطرق والوسائل التي تمكنهم من السيطرة على البلازما وتسخيرها لخدمة الإنسانية. واهم هذه الأسباب هي:

1. إن حالة البلازما تمثل الحالة الأكثر انتشارا للمادة في الكون وبخاصة عند الدرجات الحرارية العالية، وعليه يجب الاهتمام بها والاستفادة منها في حل بعض المشاكل التي تجابه العلماء، كمشاكل تحولات وإنتاج الطاقة.
2. كما وتعد البلازما موصلا جيدا للكهربائية ومصدرا للضوء، وتتأثر كثيرا بالقوى الكهرومغناطيسية.
3. فضلا عن إجراء هذه العمليات بطريقة معكوسة، أي يمكن القيام بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية أو ميكانيكية باستخدام المجالات المغناطيسية.
4. وفضلا عما تقدم فان هناك تطبيقات مهمة للبلازما مثل استخدامها في مفاعلات الاندماج النووي وتوليد الكهرباء وكوقود في الصواريخ وتكبير الموجات الكهرومغناطيسية بوساطة مضخات البلازما.

ولأجل دراسة البلازما يجب أولا دراسة المعادلات الأساس المستخدمة في وصف الظواهر الكهرومغناطيسية، والتي تعرف بمعادلات ماكسويل التي يمكن التحقق من صحتها تجريبيا.

البلازما والمجال المغناطيسي: Plasma and Magnetic Field

يمكن للمجال المغناطيسي الثابت أن يتواجد داخل البلازما على عكس المجال الكهربائي الستاتيكي الذي لا يستطيع أن يتواجد داخل البلازما. إن وجود خطوط المجال المغناطيسي داخل البلازما يفرض عليها الكثير من المحددات، حيث إنها تكون مجمدة داخل البلازما. فإذا كانت البلازما ساكنة فان خطوط المجال المغناطيسي تكون ساكنة أيضا والعكس صحيح الشكل (1a) يوضح خطوط المجال المغناطيسي خلال كرة من البلازما تقع بين قطبي مغناطيسي كهربائي، فإذا سحبنا الكرة جانبا فإنها ستسحب خطوط المجال معها أيضا الشكل (1b).



الشكل(1): البلازما وخطوط الفيض المغناطيسي.

وإذا تعرضت كرة البلازما إلى قوة كبس من جهتيها، تعرضت خطوط المجال المغناطيسي إلى ما تعرضت له البلازما، كما نرى ذلك واضحا في الشكل (1c).

إن سبب الالتصاق القوي لخطوط المجال المغناطيسي إلى البلازما هو توصيلية البلازما العالية، والتي تكون مالا نهاية في البلازما المثالية، والى هذا يعود سبب اختفاء المجال الكهربائي خلال البلازما.

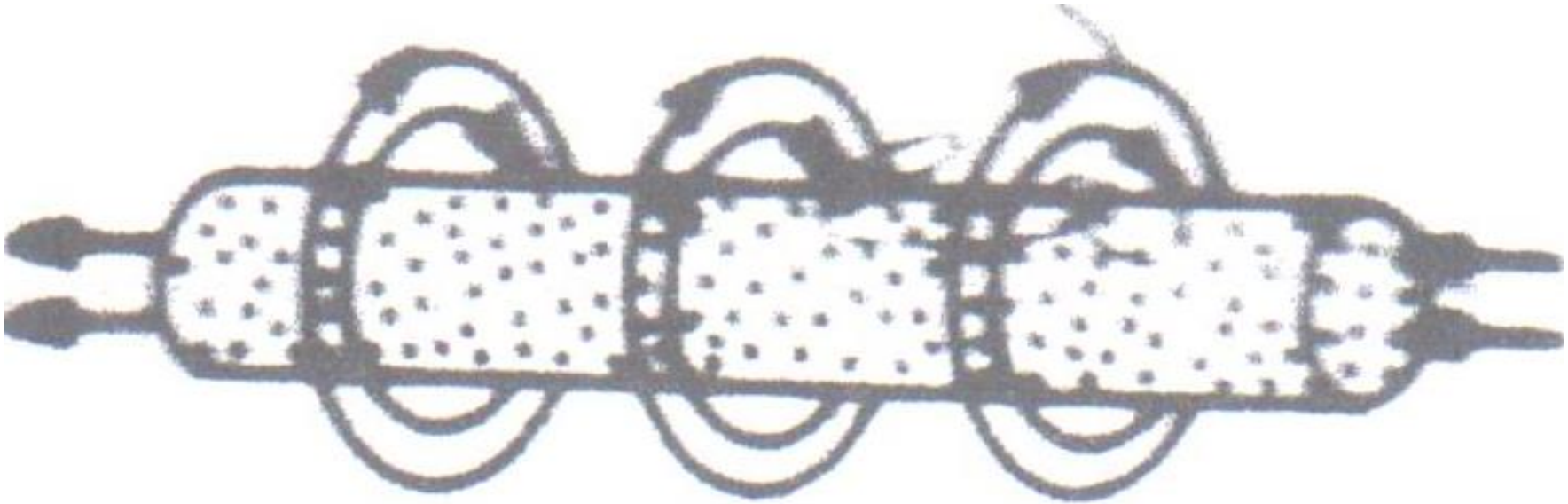
ومن المعلوم أن أي تغيير في المجال المغناطيسي ينتج عنه مجال كهربائي محتث. وبما أن المجال الكهربائي معدوم في البلازما، فان التغير في المجال المغناطيسي سيكون معدوما أيضا وهذا يعني أن خطوط المجال المغناطيسي تبقى ثابتة. أن تصرف البلازما لا يقتصر على المحافظة على خطوط المجال المغناطيسي داخلها، بل يتعداه إلى المحافظة على طرد خطوط المجال المغناطيسي الواقعة خارجها. فإذا قربنا كرة من البلازما من خطوط مجال مغناطيسي فإنها ستعمل على دفع وتشويه المجال المغناطيسي الواقع إلى الخارج كما موضحا في الشكل (1d).

احتواء البلازما: Confinement of Plasma

تجري عملية احتواء البلازما الساخنة عمليا في مفاعلات الانشطار النووي الحراري باستخدام مجالات مغناطيسية مصممة بعناية خاصة.

إن هذا الترتيب للمجال المغناطيسي غالبا ما يطلق عليه القنينة المغناطيسية Magnetic bottle. تستطيع القنينة المغناطيسية من احتواء البلازما الساخنة، التي لا يمكن الاحتفاظ بها بأي وعاء معدني أو زجاجي نتيجة لارتفاع درجة حرارتها العالية. الشكل (2) يوضح قنينة مغناطيسية حاوية على البلازما تم الحصول عليها باستخدام مجال مغناطيسي بوساطة ملف حلزوني.

يمكن استخدام خطوط المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي خلال البلازما نفسها في المحافظة على البلازما الساخنة واحتوائها. الشكل (2) يوضح عمود اسطواني من البلازما الساخنة يمر خلالها تيار كهربائي وان خطوط المجال المغناطيسي الناتج عن مرور التيار الكهربائي يحيط بالبلازما ويسلط ضغطا عليها من اجل احتوائها. إن اكبر قيمة للمجال المغناطيسي تكون عند سطح البلازما، أي أن الضغط يكون اكبر ما يمكن عند السطح وسيدفع البلازما نحو الداخل. إن قيمة التيار الكهربائي المستخدم في المحافظة على البلازما في مفاعلات الانشطار النووي الحراري قد يبلغ المليون أمبير.



الشكل (2): يوضح القنينة المغناطيسية.

وقد وجد عمليا إن احتواء البلازما بوساطة مجالها المغناطيسي يلاقي مصاعب عديدة منها:

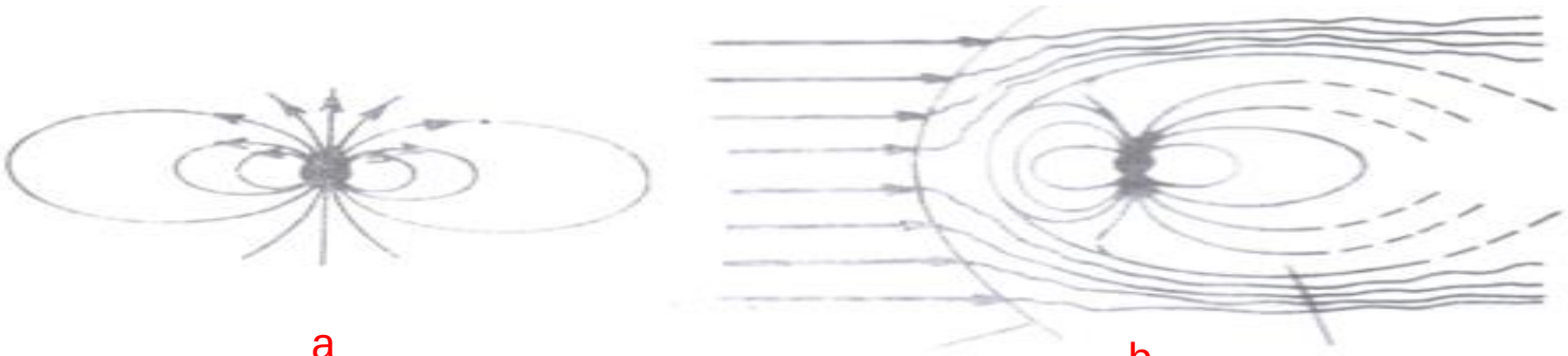
1. تسرب البلازما عند نهايات القنينة المغناطيسية.
2. عدم الاستقرارية الذي يؤدي إلى فقدان الموازنة بين ضغط المجال المغناطيسي وضغط البلازما الحركي مما يؤدي إلى تسربها من وعائها.

وقد تمكن العلماء من بناء العديد من حاويات البلازما المغناطيسية التي تكفل عدم تسربها.

المجال المغناطيسي الأرضي والبلازما الكونية:

The Earth Magnetic Field and the Solar Plasma

إن دفع البلازما المتحركة لخطوط المجال المغناطيسي الواقعة خارجها أدى إلى تشوه شكل المجال المغناطيسي الأرضي. الشكل (3a) يبين شكل المجال المغناطيسي للأرض في حالة عدم وجود مؤثر خارجي مثل البلازما، إذ سيكون مجالا مغناطيسيا متناظرا ذا قطبين شمالي وجنوبي. إن الشكل الحقيقي للمجال المغناطيسي الأرضي يختلف تماما عن الشكل المثالي والسبب في ذلك يرجع إلى تأثير الرياح الشمسية. والرياح الشمسية ما هي إلا بلازما تهب (تصدر) من الشمس، وتكون خليطا متعادلا من الالكترونات والبروتونات تنطلق بسرعة 400Km/S. إن دفع أو ضغط هذه الرياح يسبب تشوه خطوط المجال المغناطيسي الأرضي وذلك بضغط خطوط المجال عند الجهة المواجهة للشمس واستطالة المجال في الجهة المقابلة. يطلق على الفضاء الذي يشغله المجال المغناطيسي الأرضي بالكرة المغناطيسية Magnetosphere. تتخذ الكرة المغناطيسية شكل قطرة المطر المسحوبة مع ذيل يمتد إلى مسافة عدة مئات من ألاف الكيلومترات. الشكل (3b) يوضح المجال المغناطيسي الأرضي المشوه نتيجة الرياح الشمسية.



الشكل (3): المجال المغناطيسي والبلازما الكونية.