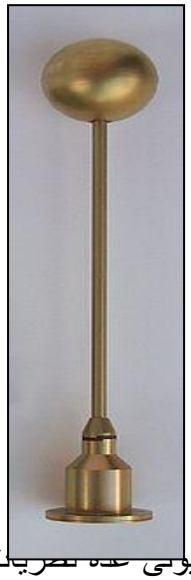
المقدمة عن البلازما

في عام 1897 اكتشف العالم الإنكليزي، السير وليام كروكس، البلازما عن طريق أنبوب كروكس وأطلق عليها آنذاك "المادة المشعة". ثم اكتشف العالم جوزيف طومسون خصائص وطبيعة البلازما عام 1897، ويرجع الفضل في تسمية البلازما إلى العالم إيرفينغ لانغموير في عام 1928، لاعتقاده أنها تشبه بلازما الدم على الأرجح. وكلمة البلازما مشتقة من اللغة الإغريقية القديمة التي تشمل الرموز المشهورة ($\alpha\beta\delta\lambda\sigma\theta\omega\mu$) لمختلف الكميات الفيزيائية المعروفة والشائعة.

الشكل يمثل نموذج لأنبوب لانغموير (الجزء الكروي ذات نصف قطر 50mm ومغطى بمادة التيتانيوم والنتريت)



وتوجد المادة عادة بثلاث حالات هي الحالة الصلبة والسائلة والغازية ومن الممكن إحداث تغيير في حالة مادة معينة عن طريق إحداث تغيير في درجة حرارة المادة. إن العامل المشترك الذي يجمع حالات المادة الثلاث هو أن الذرات أو جزيئات المادة تكون متعادلة كهربائيا عند وجود المادة في أي من حالاتها الثلاثة التي مر ذكرها ، كما أن هذه الخاصية موجودة أيضا عند انتقال المادة من حالة إلى أخرى.

تشبه البلازما (الهيولي) إلى حد ما إلى الكائن الحي (الأميبات) لان الباحثون وضعوا في حركة الهيولى عدة نظريات، منها نظرية **تمزز السائل الهيولي الداخلي**، ونظرية **تغيرات الضغط السطحي**، ونظرية **التقلص الجزيئي للهيولى الداخلية**، ونظرية **تحوّل الهيولى من شكل هلامي إلى شكل منحل وبالعكس**. وتقول النظرية الأخيرة إن الهيولى الداخلية للحيوان تتمايز في أثناء حركة المتحول (الأميبات) إلى جزء مركزي يسمى البلازما الحلالة (plasma sol) يحيط بها جزء «متهلم» يسمى البلازما الهلامية (Plasma gel). أما الهيولى الخارجية فتقتصر على الجزء المحيطي من البلازما الهلامية السابقة الذكر، تحيط به طبقة رقيقة مما يسمى القلنسوة الشفافة (hyaline cap) تسيل كماء الينبوع، وعندما تمس القلنسوة الشفافة فإنها «تتهلم» وينجم عن ذلك تقلص الجزء الأمامي من المتحول، الأمر الذي يدفع الهيولى، وبالنتيجة المتحول إلى الأمام. ثم ترتد إلى البلازما الحلالة.

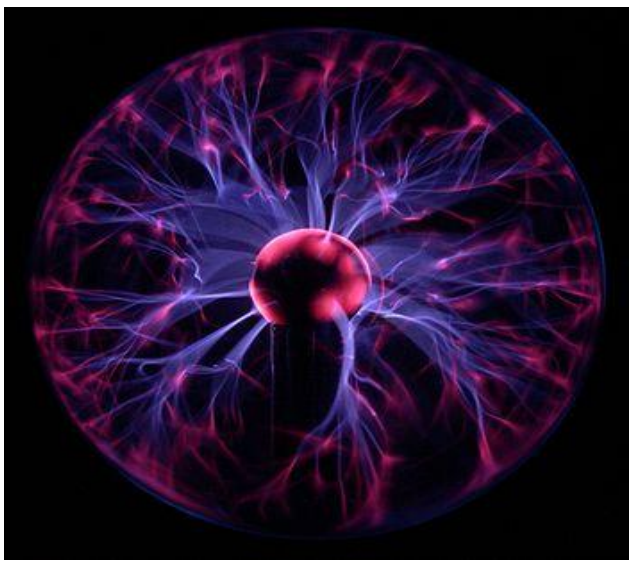
الشكل تمثل شعلة بلازمية تعكس إحدى أكثر ظواهر الهيولى تعقيدا، والتي

من ضمنها تأتي "الفتيلة".

الألوان هي نتاج من تراخ الإلكترونات من حالة الاستثارة والهيجان

إلى حالة أقل طاقة بعد إعادة توحدها مع الأيونات.

هذه العمليات تؤدي إلى إصدار ضوء على شكل طيف مميز من الغاز المثار.



إن من الممكن جدا وجود المادة في حالة أخرى تختلف تماما عن ما سبق ذكره وذلك من خلال الإخلال بالتعادل الكهربائي لذرات أو جزيئات المادة.

وعلى الرغم من إن هذا الاكتشاف نسميها بالحالة الرابعة لحالات المادة قد جاء متأخرا جدا إلا أنها تشكل في الواقع أكثر احتمالات المادة شيوعا في الكون حيث أن الشمس والنجوم تعتبر كتل كبيرة من البلازما الساخنة وتسمى بحالة البلازما.

تشكل البلازما نسبة 99% من المادة الكونية بين النجوم والمجرات من حيث الكتلة والحجم، وبعض الكواكب تشكل البلازما أغلب مادتها، حيث يعتبر كوكب المشتري كتلة هائلة من البلازما، وحوالي 0.1% فقط من الكتلة وما بين 10 و15% من الحجم يدخل بمدار كوكب بلوتو. لاحظ عالم البلازما الشهير (هانز ألفين - Hans Alfven) أن هناك كميات قليلة من الحبيبات تتصرف خلال الشحنات الكهربية كشوارد (أيونات) وكشكل من أشكال البلازما (بلازما مغبرة - dusty plasma).

تطلق حالة البلازما على المادة أثناء وجودها بدرجة عالية من التأين أي عندما تكون نسبة عالية من ذرات المادة موجودة بشكل ايونات موجبة مع الكترونات سالبة منفصلة عنها .إن هذا التعريف قد يقود لأول وهلة إلى التفكير بان البلازما لابد أن تكون بحالة غاز متاين. إلا أن هذا الاعتقاد وان كان يشكل النسبة الأكبر من البلازما المعروفة إلا أن مفهوم البلازما هو الاشمل من كل ذلك بكل تأكيد حيث يمكن أن توجد البلازما ضمن الحالة الصلبة والسائلة أيضا مثلما هي الحال في أشباه الموصلات الصلبة حيث تتواجد وبشكل دائم شحنات موجبة هي الفجوات والكترونات حرة الحركة، كذلك تواجد الالكترونات الموجبة والسالبة ضمن محلول مائي الكتروليتي أو في ملح منصهر يقع بكل تأكيد ضمن مفهوم البلازما إلا إن دراسة البلازما في حالتها الغازية تشكل الدراسة الأكثر شيوعا من الناحيتين النظرية والعملية وذلك لأهمية هذا النوع من البلازما من وجهة نظر كلتا الناحيتين.

كما ذكرنا سابقا أن البلازما هي المادة الأكثر شيوعا في الكون حيث إن معظم المادة الكونية الموجودة في النجوم هي في درجات حرارية عالية إلى الحد الذي تصبح فيع الطاقة الحركية لذرات المادة كافية حدا لإحداث تأين لهذه الذرات عند عمليات التصادم المتكررة بالإضافة إلى تجهيز طاقة حركية فائضة للايونات تكفي للتغلب على التنافر الكهروستاتيكي بين الايونات الموجبة مما يؤدي إلى حدوث تفاعلات اندماج نووي تقوم بدورها بتوليد كميات كبيرة من الطاقة وتعتبر هذه العملية هي الأساس في توليد الطاقة في الكون.

يقتصر وجود البلازما بشكل طبيعي على سطح الكرة الأرضية على عملية تأين جزيئات الهواء المحيط بالكرة الأرضية والناتج عن سقوط الأشعة فوق البنفسجية على الطبقة الهوائية المحيطة بالأرض كما يحدث في طبقة الايونوسفير إضافة إلى عمليات التأين التي تحدث في الغيوم لأسباب متعددة ، في حين أن البلازما بمفهومها الحالي كغاز عالي التأين في درجات حرارة عالية لم تتواجد على سطح الأرض، إلا بعد إنتاجها في المختبرات الخاصة بأبحاث البلازما.

إن الطريقة المتبعة عادة لتوليد البلازما في المختبرات تحتاج إلى البدء بغاز تحت ضغط يعادل جزءا من مقدار الضغط الجوي الاعتيادي وتسخين هذا الغاز بطريقة م حتى تصبح الطاقة الحركية لجسيماته متساوية أو تزيد عن مقدار طاقة التأين لذرة الغاز بحيث تؤدي عمليات التصادم غير المرن بين ذرات الغاز في هذه الحالة إلى إحداث تأينات متتالية في هذه الذرات، ولما كانت طاقة التأين للذرات هي في حدود بضع وحدات (إلكترون – فولت) فان إحداث التأين يصبح ممكنا فقط عندما تكون درجة حرارة الغاز كافية لان تكتسب ذرات الغاز طاقة حركية مساوية لجهد التأين ولذلك فان درجة حرارة العتبة لمعظم أنواع البلازما هي ما بين ($10^3 – 10^5$) درجة مطلقة وقد تصل إلى عدة ملايين من الدرجات المطلقة.

من الممكن مشاهدة البلازما كحالة تأين غازي يوميا في المصابيح الكهربائية المتفلورة والزئبقية أو الهالوجينية إلا أن البلازما في هذه الحالات تتعرض لعملية مستمرة وسريعة من خلال ارتطام الالكترونات والايونات بجدار المصباح البارد

ولذلك فإننا إلا نحصل على تأين جزئي فقط للذرات في هذه المصابيح ولذلك فان المحافظة على نسبة معينة من التأين يحتاج دائما إلى ضخ كميات كبيرة نسبيا من القدرة الكهربائية إلى المصباح.

إن وجود البلازما في درجات حرارية عالية يضع قيودا على مسالة احتواء البلازما ،حيث لا يمكن احتواء البلازما مباشرة داخل وعاء مادي لان درجة حرارة البلازما العالية ستؤدي إلى صهر الوعاء ،ولكن يمكن مبدئيا على الأقل المحافظة على البلازما ضمن مجالات مغناطيسية بحيث لا يسمح أن تلامس الجدران المادية للوعاء. إن موضوع احتواء البلازما من أكثر المواضيع التي تجرى عليها بحوث موسعة بغية الوصول إلى تحقيق الشروط المناسبة لتحقيق تفاعل الاندماج النووي في البلازما الساخنة وبدون توفر هذا الاحتواء لا يمكن للبلازما البقاء فترة تزيد على جزء من المليون من الثانية.

مقارنة بين البلازما وحالات المادة الأخرى:

البلازما هي الحالة الرابعة للمادة وتتميز عن غيرها من الحالات بالطاقة الهائلة التي تمتلكها. وهي ذات صفات مقاربة للحالة الغازية ولكن ليس لها شكل محدد أو كتلة. ينظر العلماء للبلازما على أنها أكثر أهمية من الغاز بسبب الحالات المميزة لها:

الخاصية	الغاز	البلازما
توصيل كهربائي	ضعيف جدا الغازات عازل قوي إلا في حالة تحولها إلى مادة بلازمية في مجال كهربائي يفوق في قوته 30 كيلو فولت/سم.	قوي جدا لأغراض عديدة. يمكن أن يعامل التوصيل بالبلازما على أنه غير محدود.
الأنواع التي تمثلها	نوع واحد جميع الجزيئات تتصرف بطريقة مشابهة، تتأثر بالجاذبية وتتصادم مع بعضها البعض	اثنان أو ثلاثة إلكترون أو أيون أو محايد وتتوزع حسب نوع الشحنة وتتصرف عند أكثر الحالات باستقلالية حسب الحجم والسرعة والحرارة وبظهور أنواع جديدة من الموجات وعدم الاستقرارية.
توزيع السرعة	نظام ماكسويل لتوزيع السرعات التصادم يتبع نظام ماكسويل لتوزيع السرعات عند جميع الجزيئات، عدا بعض الجزيئات السريعة.	غير خاضع لنظام ماكسويل تفاعلات التصادم ضعيفة عند البلازما الحارة والقوة الخارجية قادرة على تحريك البلازما من مكانها المتوازن وتؤدي إلى كثافة قوية من الجسيمات السريعة غير العادية.
التفاعلات	مزدوج اصطدام بين جسيمين ونادرا بين ثلاثة.	تراكمي تموج، أو حركة منتظمة للبلازما، مهم جدا لأن الجسيمات تتفاعل لمجالات أبعد خلال القوى الكهربائية والمغناطيسية

الفرق بين بلازما الدم وبلازما في الفيزياء:

1- بلازما الدم (plasma of blood):

البلازما هي أحد مكونات الدم وهى مادة سائلة شفافة تميل إلى الاصفرار ولها دور مهم في انتقال الماء والأملاح وأيضا المواد الغذائية مثل السكريات والفيتامينات الهورمونات وغيرها.

مكونات بلازما الدم

كما قلنا، فإن البلازما عبارة عن سائل يحتوي على مواد ذات أوزان جزيئية عالية أو منخفضة و التي تكون حوالي 10% من حجمه ، حيث أن:

- ✓ بروتينات البلازما: تكوّن ما مقداره 7% من حجم البلازما.
- ✓ الأملاح غير العضوية: تكون 0.9% من حجم البلازما.
- ✓ مركبات عضوية: ما تبقى من حجم البلازما (على سبيل المثال: الأحماض الأمينية ، الفيتامينات، الهورمونات، و البروتينات الدهنية).

2- البلازما الفيزيائية (plasma in physics):

يعتبر وصف البلازما على أنها وسط متعادل من الجسيمات سالبة و موجبة الشحنة، وصفاً ضعيفاً تعوزه الدقة وذلك لأن تعريف البلازما لابد أن يتضمن ثلاثة معايير مما يعطى دقة أكثر وهي :

- تقارب البلازما (plasma approximation) : الجسيمات المشحونة يجب أن تكون متقاربة بدرجة أن لكل جسيم له أن يؤثر على الكثير من الجسيمات القريبة بدلاً من مجرد التفاعل مع أقرب الجسيمات (والتأثير الجماعي هي الصفة المميزة للبلازما). تقارب البلازما يكون له تأثير أقوى كلما كانت أعداد الإلكترونات داخل المجال المؤثر (يسمى كرة ديباي) لها نصف قطر من الجسيمات الكبيرة يسمى (طول ديباي). معدل عدد الجسيمات بمجال ديباي هو قيمة أو مقدار البلازما ويرمز على شكل "Λ" وهو حرف لامدا بالأبجدية الإغريقية.
- حجم التفاعلات في البلازما (interaction size) : حيث أن نصف قطر ديباي Debye صغير بالمقارنة بالحجم الطبيعي للبلازما الموجودة في الكون. وهذا يعنى أن مقدار التفاعلات الحادثة في قلب كتلة البلازما لها أهمية كبيرة عنها على حواف البلازما آخذين في الاعتبار تأثير ما يحيط بالبلازما من الوسط المحيط بها.
- تردد البلازما (plasma frequency) : تردد الإلكترونات في البلازما هو كبير بالمقارنة بتردد الإلكترون في حالته المتعادلة (ويقيس التردد البلازمي للإلكترون ويسمى موجات البلازما أو موجات لانغمويز تقيس كثافة الشحنة في محيط موصل مثل البلازما والمعادن. وينتج من الكمية في هذا التردد (البلازمون) أكبر من تردد الإلكترون بالحالة الطبيعية (بقياس موجات التصادم بين الإلكترونات والجسيمات المحايدة) بهذه الحالة البلازما تتصرف بحماية شحناتها بسرعة (شبه محايد هو تعريف آخر للبلازما).

أهمية دراسة البلازما:

لقد اهتم العلماء بدراسة البلازما لأسباب أهمها :

- البلازما هي الحالة الأكثر شيوعا للمادة عند درجات الحرارة العالية.
- البلازما موصل جيد للتيار الكهربائي ومصدر الضوء.
- البلازما نظام ديناميكي تتحكم به قوى كهرومغناطيسية.
- لمعالجة مشاكل تقنية مهمة مثل المشاكل التي تجابه بناء المفاعلات الاندماج النووي والتحول المغناطوهيدروديناميكي (MagnetoHydroDynamic) للطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية.
- التطبيقات العملية المهمة لنتائج بحوث فيزياء البلازما.
- يعد فيزياء البلازما من الاختصاصات المهمة التي يحتاج مختصوها إلى الإلمام بعدد من الاختصاصات معا التي تهدف إلى اتجاه واحد منها الميكانيك بأنواعها الكلاسيكي والإحصائي والكم وكذلك فيزياء الموائع والغازات وغيرها مما يتيح الفرصة لممارسة أكثر من اختصاص في آن واحد حالها كحال الفيزياء الفلكية مثلا.

تطبيقات فيزياء البلازما:

شكل البلازما أساسا قويا لمجموعة من تطبيقات وأدوات التقنية المهمة بالإضافة إلى فهمنا وإدراكنا لمعظم الكون من حولنا، فهي تزود الأساس والدعامة للتطبيقات الحالية مثل معالجة بلازما أشباه الموصلات وتعقيم بعض المنتجات الطبية والمصابيح والليزر والمايكروويف الكهربائي عالي المصدر وكذلك التطبيقات المحتملة المهمة مثل جيل الطاقة الكهربائية من الانشطار والسيطرة على التلوث وإزالة المواد الكيميائية الخطرة.

علم البلازما يستثمر تشكيلة متنوعة من مجالات العلم تتراوح من فيزياء البلازما إلى التطبيقات الكيميائية، الفيزياء الذرية والجزيئية، وعلم المادة. انتشارها وطبيعة تنوع حقول الدراسة تميّز طبيعة تكون البلازما، التي تتضمن الغازات المؤينة التي تتراوح من مؤين ضعيف إلى المؤين إلى حد كبير، ومن الاصطدامية إلى الثبات، ومن البرودة إلى الحرارة. هذه الشروط تميز تراوح البلازما المختلف من الغازات عالية الضغط نسبيا مع جزء صغير من الذرات المؤينة ومستوى قليل نسبيا من الجزئيات المشحونة بدرجات حرارة، على سبيل المثال، البلازما المستعملة في معالجة رقائق الحاسوب والإضاءة، إلى تلك الغازات ذات الكثافة المنخفضة جدا مع جزء كبير من ذرات الغاز المتأين والمشحونة بدرجة حرارة عالية جدا، على سبيل المثال، بلازما الانشطار.

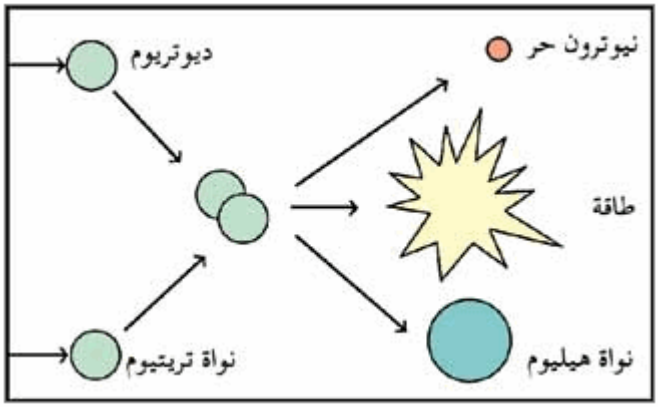
الأنواع المختلفة للبلازما تشكل أساس التطبيقات المتنوعة والظواهر الطبيعية المختلفة. على كل حال، العديد من الاعتبارات الأساسية لتنوع المجالات الواسعة التي تميز العديد من البلازما سواء الطبيعية منها أو الصناعية والتي هي مهمة في حياتنا . وإن التنوع الذي يتضمن "علم بلازما" يجعل الموضوع صعب التمييز. على أية حال، هو ذلك التنوع نفسه الذي يجعله المساهم المهم في تشكيلة واسعة من التطبيقات والتطور التكنولوجي. تحت قائمة العديد من التطبيقات التقنية للبلازما

وفيما يلي نعرض أهم مجالات العملية التطبيقية للبلازما :

❖ مفاعلات الاندماج النووي.

بدا الاهتمام بالاندماج النووي مع بدء دارسة البلازما بدأ وبالتالي الاهتمام بتصميم اجهزة تعتمد على مصدر جديد للطاقة يعتمد على اندماج نوى خفيفة لنظائر الهيدروجين مثل الدوتيريوم والتريتيوم.

والاندماج النووي بصورة عامة : هو مجموعة من التفاعلات الذرية الناتجة من تفاعل اليورانيوم المخصب وذلك بإطلاقه نحو ذرات الهيدروجين ،أو تفاعل أنوية العناصر المتفاعلة مع بعضها البعض مما يؤدي إلى تكوين نواة جديدة أثقل مما يؤدي إلى انتاج عنصر جديد. ومن اهم امثلة الاندماج النووي هو اندماج ذرات الهيدروجين لتكوين ذرات الهيليوم ولعل افضل مثال لهذه التفاعلات هي التفاعلات الشمسية والتي تطلق كمية كبيرة جدا من الطاقة وهي أكبر بكثير من الطاقة التي ينتجها الانشطار النووي.



يحدث تفاعل الاندماج النووي عندما تتداخل نواتان ذريتان ، ولكي يتم هذا التداخل ، لا بد من أن تتخطى النواتان التنافر الحاصل بين شحنتيهما الموجبتين (و تعرف الظاهرة بالحاجز الكولومبي)

إذا ما طبقنا قواعد الميكانيكا الكلاسيكية وحدها ، سيكون احتمال الحصول على اندماج الأنوية منخفضا للغاية ، بسبب الطاقة الحركية (الموافقة للهيجان الحراري) العالية جدا اللازمة لتخطي الحاجز المذكور. وفي المقابل ، تقترح ميكانيكا الكم ، وهو ما تؤكده التجربة ، أن الحاجز الكولومبي يمكن تخطيه أيضا بظاهرة النفق الكمومي ، بطاقات أكثر انخفاضا.

وبالرغم من ذلك فإن الطاقة اللازمة للاندماج تبقى مرتفعة جداً ، وهو ما يقابله حرارة أكثر من عشرات أو ربما مئات الملايين من الدرجات المئوية حسب طبيعة الأنوية. وفي داخل الشمس على سبيل المثال، يجري تفاعل اندماج الهيدروجين المؤين عبر مراحل إلى تولد الهليوم ، في ظل حرارة تقدر ب 15 مليون درجة مئوية ، ويحدث ذلك ضمن عدة تفاعلات مختلفة تنتج عنها حرارة الشمس التي تتواصل عملية الاندماج إلى العناصر الخفيفة ثم المتوسطة ثم ينتج منها العناصر الثقيلة مثل الحديد ، الذي يحتوي في نواته على 26 بروتون ونحو 30 نيوترون .

وعندما تندمج أنوية صغيرة ، تنتج نواة غير مستقرة تسمي أحيانا نواة مركبة ، ولكي تعود إلى حالة استقرار ذات طاقة أقل ، تُطلق جسيم أو أكثر (فوتون ، نيوترون ، بروتون ، على حسب التفاعل)، وتتوزع الطاقة الزائدة بين النواة والجسيمات المطلقة في شكل طاقة حركية.

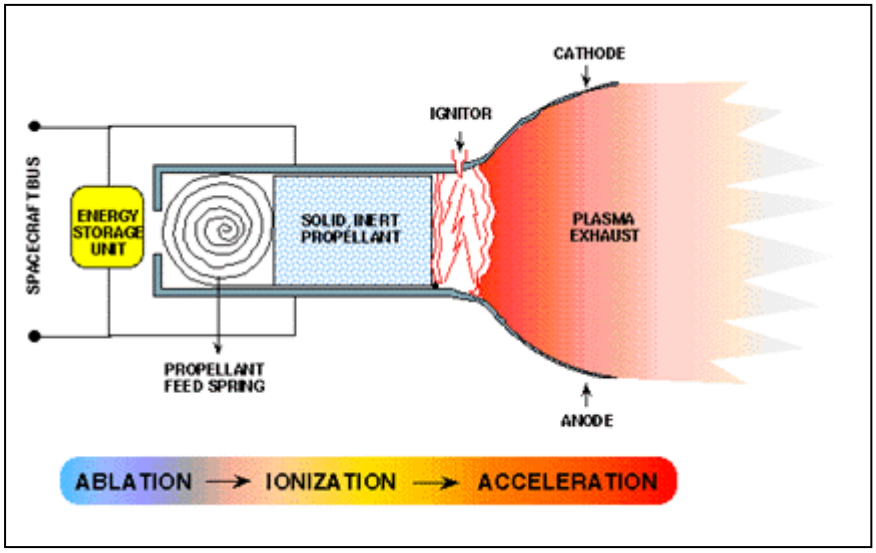
وفي المفاعلات الاندماجية الجاري تطبيقها حاليا يجتهد العلماء للحصول على مردود جيد من الطاقة خلال الاندماج ، أي من الضروري أن تكون الطاقة الناتجة أكبر من الطاقة المستهلكة لتواصل التفاعلات واستغلال الحرارة الناتجة في إنتاج الطاقة الكهربائية .كما يجب عزل محيط التفاعل ومواد المحيط في المفاعلات الاندماجية.

بلازما الاندماج النووي :

يمكن التفكير في عدة طرق تمكننا من احتجاز محيط التفاعل للقيام بتفاعلات اندماج نووية ، ويقوم العلماء فعلا بتلك التجارب بواسطة الاحتجاز المغناطيسي للبلازما في جهاز مفرغ من الهواء مع رفع درجة حرارتها إلى عشرات الملايين درجة مئوية. ولكن احتجاز البلازما - وهي أنوية التريتيوم و الديوتيروم العارية من الإلكترونات - تحت هذه الحرارة العالية صعب جدا إذ كلها تحمل شحنة كهربائية موجبة تجعلهم يتنافرا عن بعضهم. فما يلبث التفاعل أن يبدأ بينهم لمدة أجزاء من الثانية حتى يتوقف التفاعل ، وتتم الاحتجاز المغناطيسي للبلازما عن طرق اجهزه (منظومات خاصة) تسمى بالتوكاماك وكذلك اجهزة السلم الدوار (escalator).

❖ المولدات الكهربائية المغناطوهيدروديناميكي.(MHD):
وهي عبارة عن اجهزة تقوم بتحويل الطاقة الحركية لبلازما كثيفة تنساب خلال مجال مغناطيسي الى طاقة كهربائية.

❖ محركات الدفع النفاث بواسطة البلازما (في عوادم الصواريخ). ويطلق على هذا الجهاز الذي يقوم بتوليد وتسريع البلازما اسم صاروخ البلازما أو محرك البلازما أو «جهاز الدفع بالبلازما» Plasma Thruster، وهو عبارة عن صاروخ كهربائي لاعتماده على الطاقة الكهربية بدلا من احتراق الوقود.
ويركز مختبر الدفع بالبلازما على دراسة الفيزياء المعقدة للبلازما وتطوير أنواع مختلفة من صواريخ البلازما.
وعن أهمية تقنية الدفع بالبلازما في المركبات الفضائية، يشير الباحثون إلى أن معظم الصواريخ المستخدمة حاليا في الفضاء هي صواريخ كيميائية (بوقود كيميائي) تعتمد على عملية الاحتراق، أي تحرق الوقود السائل داخل حجرة الاحتراق لإنتاج غاز كهربي محايد، يخرج كعادم من الصاروخ بسرعة لا تتجاوز 3 كيلومترات في الثانية.



جهاز الدفع الصاروخي بالبلازما

وكلما كانت سرعة الغاز الخارج من الصاروخ عالية ، قلت نسبة الوقود المستخدم لدفع مركبة فضائية من مكان لآخر في الفضاء،
ولذا نحتاج إلى عدة أطنان من الوقود لإرسال مركبة فضائية كبيرة مأهولة أو على متنها معدات ثقيلة. أما إذا استخدمنا صاروخ البلازما الذي تصل سرعة العادم فيه إلى 60 كيلومتراً في الثانية، فان وزن المادة الدافعة يمثل جزءا صغيرا بالمقارنة بتلك التي يستخدمها الصاروخ الكيميائي.
ولابد من الإشارة إلى أن صواريخ البلازما تستخدم فقط في محيط الفضاء الخارجي، أي عند وصول المركبة إلى المدار المخصص لها، لأننا ما زلنا نعتمد على عملية الدفع الكيميائي لإطلاق المركبات الفضائية من على سطح الأرض.
وقد ساعد استخدام الدفع بالبلازما في المدارات على توفير قدر هائل في كمية المادة المستخدمة في عملية الدفع والتي يجب إطلاقها، وهذا يعني توفيرا كبيرا في تكلفة عملية الإطلاق، إذ تصل تكلفة إطلاق كيلوغرام واحد من هذه المادة ما بين 20 إلى 200 ألف دولار.

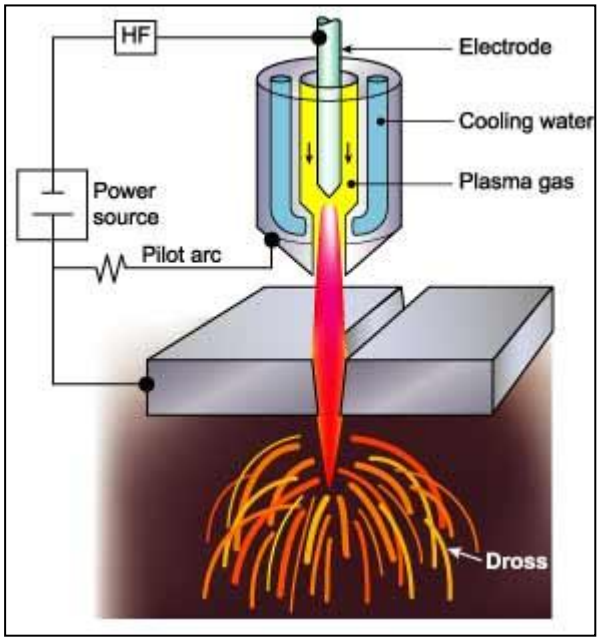
❖ أجهزة الليزر الغازية :
وهو يستخدم الليزر كوسيلة حديثة لتشخيص البلازما ولدراسة تفاعلات الليزر معها ، ولإجراء بعض التطبيقات الصناعية والطبية لليزر وكذلك في الدراسات الفلكية .

❖ أجهزة ثنائي البلازما (diode plasma) التي يستخدم لتوليد التيار الكهربائي باستخدام قطبين احدهما ساخن والأخر بارد لتحويل جزء كبير من الطاقة الحرارية إلى تيار كهربائي.

❖ مضخات البلازما (plasma pumps) التي تستخدم في تكبير الموجات الكهرومغناطيسية.

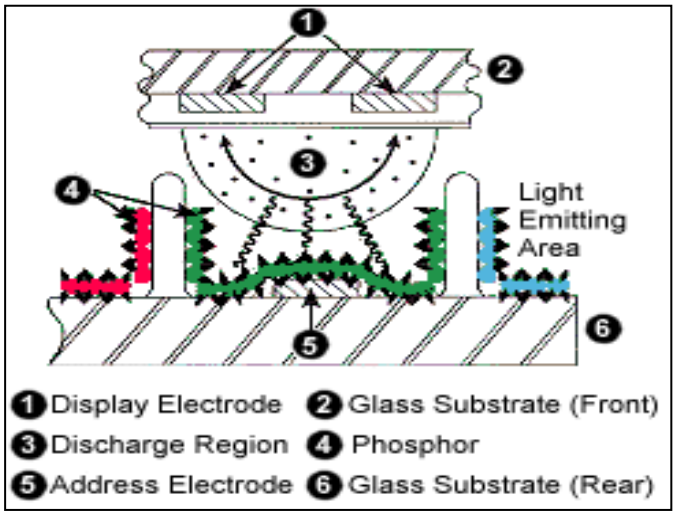
❖ أجهزة قطع المعادن بالبلازما :

تستخدم البلازما لقص المعادن كالحديد عن طريق تمرير غاز بضغط عالي في أنبوب ضيق يوجد في وسطه قطعة حديد تحمل شحنة كهربائية سالبة ، و حينما يقوم الجهاز بلمس المعدن المراد قصه والذي يكون موصولاً بشحنة موجبة، تنتج شرارة قوية جداً داخل الأنبوب المليء بالغاز المضغوط فيتحول الغاز إلى حالة البلازما مطلقاً طاقة كبيرة وحرارة كبيرة قد تصل لـ 16649 درجة مئوية وبسرعة قد تصل لـ 6096 متر بالثانية وهي كافية لصهر المعدن المراد قصه.



شكل يوضح عملية قطع المعدن باستخدام تقنية البلازما

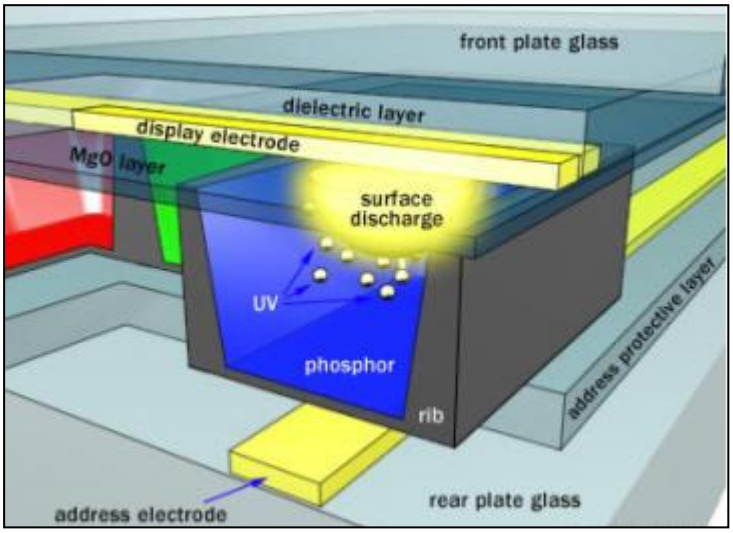
❖ تستخدم البلازما في صناعة التلفزيونات عالية الدقة (شاشات البلازما) عبر وضع خلايا متناهية في الصغر تحتوي على غاز الزينون Xe داخل شرائح من الزجاج والمواد الموصلة للطاقة لإنتاج إضاءة بكميات وألوان مختلفة حسب الصورة المراد عرضها.



حيث تتوزع ذرات النيون Ne وذرات الزينون Xe على ألاف الخلايا المحصورة بين لوحين من الزجاج المنطقة رقم (2) و (6) الموضحة في الشكل. يتصل باللوح الزجاجي الأمامي (6) الكترود يسمى الكترود العرض (Display Electrode ويتصل باللوح الزجاجي الخلفي (6) الكترود العنونة Address Electrode. وبالتالي تصبح كل خلية ضوئية (تحتوي على ذرات النيون والزينون) محاطة بالكترود العرض من الأمام والكترود العنونة من الخلف.

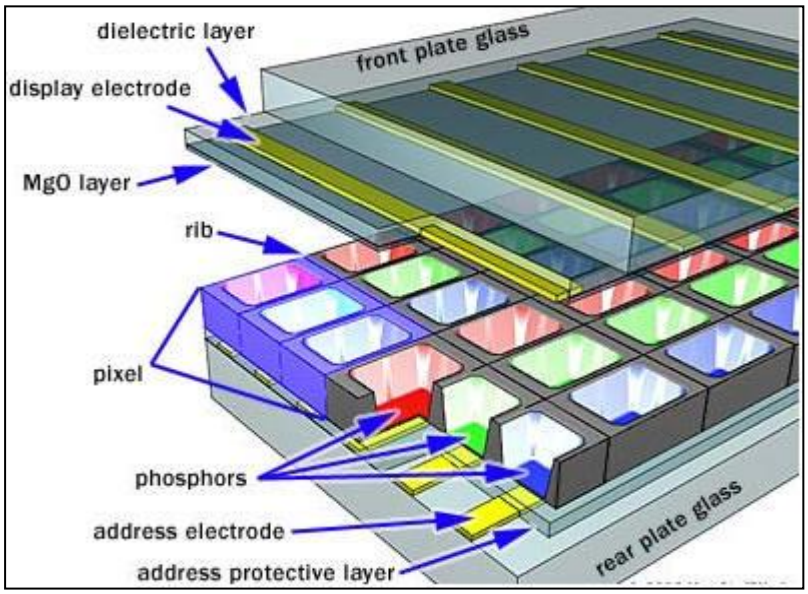
تحيط مادة عازلة غير موصلة للكهرباء dielectric material الكترود العرض ومغطاة بطبقة واقية من اوكسيد المغنيسيوم لتكون بين الخلية الضوئية ولوح الزجاج الأمامي.

كما هو موضح في الشكل المقابل اللون الأصفر للالكترود الأمامي والخلفي والخلايا ضوئية الموضحة باللون الأزرق ويوجد بجانبها خلية ضوئية خضراء وأخرى حمراء، كذلك موضح الطبقة الواقية الشفافة من MgO.



وبنظرة شمولية أكثر نلاحظ في الشكل التالي كيف تترتب الخلايا الضوئية على مساحة الشاشة وتقسم الشاشة إلى وحدات صغيرة تسمى عناصر الصورة وتدعى بكسل وكل بكسل عبارة عن ثلاثة خلايا ضوئية للألوان الأحمر والأخضر والأزرق.

ونلاحظ أيضا أشرطة الالكترود (اللون الأصفر) بحيث تكون مرتبة في صفوف متوازية ويكون الكترود العنونة ممدد على طول الخلايا الضوئية ذات اللون الواحد ويكون الكترود العرض ممددا على طول البكسل.وهذا يكون على طول وعرض الشاشة مما يشكل في النهاية شبكة من الالكترود



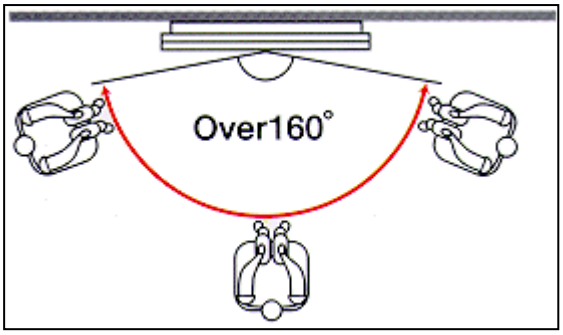
وعملية تأين الغاز في داخل أية خلية ضوئية يتحكم فيه كمبيوتر خاص للشاشة حيث يتحكم في توجيه الشحنة الكهربية إلى الالكترودين المتعامدين فيحدث التفريغ الكهربي في تلك الخلية وتتكرر هذه العملية آلاف المرات في جزء من الثانية.

عندما يشحن الالكترودين المتعامدين (المتقاطعين) يصبح هناك فرق جهد بينهما فيمر تيار كهربي في تلك الخلية الضوئية التي تحتوي غاز النيون والزينون فيتأين الغاز ويتحول إلى بلازما وتنطلق أشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) فوق بنفسجية.

تعمل الأشعة الفوق بنفسجية المنطلقة من البلازما على إثارة المادة الفسفورية المغلفة للخلية الضوئية حيث تمتص الكترونات ذرات الفسفور فوتون الأشعة فوق البنفسجية وينتقل الإلكترون إلى مستويات طاقة أعلى وعند عودة الإلكترون المثار إلى مستوى طاقته الأصلي يعطي ضوء في المدى المرئي.

وكما ذكرنا سابقا فإن كل بكسل مكون من ثلاث خلايا ضوئية وكل خلية ضوئية مغلفة من الداخل بمادة فسفورية تعطي ضوء أحمر والثانية تعطي ضوء أخضر والثالثة تعطي الضوء الأزرق (أي أن هناك ثلاث أنواع مختلفة من الفسفور لكل خلية ليعطي الألوان الأساسية).

وبالتحكم بشدة تيار النبضات الكهربية الموجهة بواسطة الكمبيوتر إلى الخلايا الضوئية المختلفة يمكن الحصول على خليط من الألوان الأساسية لتعطي في المحصلة كل الألوان الممكنة. وحيث أن التحكم يصل إلى كل بكسل فإن الصورة الناتجة من الشاشة ذات دقة عالية مهما كانت الزاوية التي ننظر إليها إلى الشاشة.



ومن ميزات شاشات البلازما

- وزن الشاشة خفيف ومسطحة تماماً وسمكها لا يزيد عن 15 سنتيمتر مما يجعل تعليقها على الجدران ممكن.
- مدى رؤية كبير يصل إلى 160 درجة وصورة واضحة وألوان زاهية ودقة عالية.
- لا تتأثر بالمجالات المغناطيسية حولها وبالتالي يمكن تثبيت نظام سمعي عالي الجودة دون القلق على التأثير المغناطيسي للسماعات على الشاشة.

❖ في الإنارة الغير مكلفة والمتوفرة بأشكال وأنواع متعددة بواسطة مصابيح خاصة بتقنية البلازما تسمى كرة البلازما (plasma ball)، وكذلك مصابيح التألق (لمبات الفلوريسنت ذات الطاقة الضعيفة)، وإشارات النيون.

الشكل يوضح الفرق بين المصباح العادي ومصباح ذو تقنية البلازما

- النطاق الموجود أمام الحاجز الحراري لسفن الفضاء خلال دخولها غلاف الأرض الجوي.
- داخل هالة (corona) مولد تفريغ الأوزون.
- الطلاء والأفلام :

حيث تستخدم هنا تكنولوجيا الجزم الايونية لصناعة فيلم رقيق من البلازما ويمكن ان يرسب على قاعدة برشها بالبلازما ليخفض التآكل ويزيد الحماية الحرارية . وتستخدم في الاوساط المسجلة والدارات الالكترونية وأدوات القص والأنصال التوربينية ومحرك الطائرات.

- التقوس الكهربائي (electrical bending) الموجود بالإنارة القوسية ، لحام القوس الكهربائي أو المصباح (المدفع) البلازمي. ويحدث بسبب انهيار العازلية الكهربائية للغاز المحيط محدثاً تفريغ متواصل يؤدي إلى سريان تيار كهربائي في وسط غير موصل كالهواء.

ومفهوم (التقوس الكهربائي) يعبر عن فشل دائرة كهربية أو نظام مما يترتب عليه فشل بأداء الوظائف. وهذا يرجع إلى هبوط حاد بمقاومة العازل ويؤدي إلى شرارة تتحرك حول أو خلال العازل. قد تكون للحظة (كما عند فقد الشحنة الكتروستاتيك) أو بما تؤدي إلى انحناء فقد للشحنة متواصل إذا كانت أداة الحماية فشلت في قطع الكهرباء في الدوائر الكبيرة. وقد يولد ما يسمى التفريغ البلازمي ويشبه الشرارة.

وتستخدم في بالمجال الصناعي والقطع البلازمي ولها مكائن خاصة ولها مجالات عديدة بالحياة ، مثل المصابيح القوسية التي تستخدم بشاشات العرض السينمائي ,(movie projectors) أو التي تستخدم بالإنارة ، وهناك أفران التقوس الكهربي والتي تستخدم لإنتاج الحديد وغيرها من المواد ككربيتيد الكالسيوم والذي يتطلب طاقة عالية لينتج تفاعل ماص للحرارة وتكون درجة الحرارة 2500 مئوي.

والتقوس الكهربائي ذو ضغط منخفض يستخدم للإضاءة مثل مصابيح الفلورسنت والمصابيح الزئبق أو الصوديوم لإنارة الشوارع وفلاش الكاميرات. ومؤخرا لإنتاج الدفع الكهربائي لصواريخ الفضاء.

- تستخدم البلازما ذات درجات الحرارة المنخفضة لحفر رقائق الحاسوب لإنتاج الدوائر الكهربائية المتكاملة وصنع أشباه الموصلات.

أن الالكترونات داخل البلازما حرة الحركة وطاقتها أعلى من الايونات الموجبة فإنها تصل إلى أطراف البلازما بسرعة وتقوم بدورها بجذب الايونات الموجبة اتجاهها وتعجلها باتجاه الشريحة وعند اصطدام الايونات الموجبة بالمناطق المكشوفة على الشريحة تقوم بنحتها ،

وبعدها يستبدل القناع المعدني بآخر مطبوع عليه الدوائر الكهربية الخاصة بالطبقة الثانية وهكذا بالنسبة للطبقة الثالثة والرابعة... والخ حتى تتم عملية النحت.

وهنالك طريقة أخرى متبعة وهى تعتمد على استخدام مركب Carbon tetra fluoride CF4 كمصدر لإنتاج البلازما، وعندها يتحول هذا المركب إلى أجزاء أخرى منها ذرات الفلورين.

هذه الذرات تتفاعل مع ذرات السليكون المكونة للشريحة وتكون مركب جديد هو Silicon tetra fluoride والذي يمكن إزالته إثناء عملية الضخ. يتضح مما سبق أن هذه الطريقة هي عملية كيميائية تقوم فيها ذرات الفلورين بالتهام السليكون المراد إزالته.

- المحافظة على نظافة البيئة :

تستخدم البلازما حاليا في العديد من الدول المتقدمة في التخلص من المواد السامة الملوثة للبيئة معتمدين على العمليات الكيميائية الفريدة التي تتم داخل البلازما. حيث يمكن إن تقوم البلازما بتحويل المواد السامة المنبعثة من مداخن المصانع ومن عوادم السيارات مثل غاز أوكسيد الكبريت (SO) وأوكسيد النتريك (NO) إلى مواد غير سامة.

فعلى سبيل المثال غاز NO قبل إن يخرج من المدخنة إلى الغلاف الجوى، توجه عليه حزمة من الالكترونات ذات طاقة عالية من جهاز مثبت في منتصف المدخنة تعمل على تأيين الغازات الموجودة (المادة السامة NO والهواء) أي تحولها إلى حالة بلازما.

وقبل خروجها إلى الجو تكون مرحلة التأيين قد انتهت وتتكون جزيئات النيتروجين والأكسجين نتيجة لعملية إعادة الاتحاد. وبهذا نكون قد حولنا الغازات الملوثة إلى غازات نافعة وبتكاليف قليلة.

يجدر الإشارة هنا أنه تم حديثا التوجه إلى معالجة الغازات المنطلقة من عوادم السيارات، حيث تم تركيب جهاز بلازما في عادم السيارة ليعالج الغازات السامة قبل خروجها إلى الجو. كذلك أجريت تجارب عديدة على الفضلات الصلبة والسائلة حيث تستخدم بلازما عند درجات حرارة عالية تصل إلى 6000 درجة مئوية تعمل على تبخير وتحطيم المواد السامة وتحولها إلى غازات غير سامة ، وفى نهاية العملية يكون ما تبقى من مواد صلبة في صورة زجاج.

- فصل النظائر المشعة :

تعتبر مصادر البلازما والسيطرة على الحقل المغناطيسي في ادارة شحنات البلازما مهمة في فصل النظائر المشعة المستقرة للاستعمال الطبي والصناعي ، حيث يستخدم جهاز حاقن الايونات الثقيلة (heavy ion injector) لهذا الغرض.

- وهناك بعض من التطبيقات التجارية والصناعية الأخرى التي تأتي تحت مسمى المعالجات منها

أ- **معالجة الإشعاع** مثل تنقية المياه ونمو النباتات.
ب- **المعالجة الحجمية** مثل معالجة الغاز المسال و معالجة النفايات.
ت- **المعالجة الكيميائية** مثل ترسيب رقائق الماس و عملية البودرة السيراميك.
ث- **مصادر الضوء** مثل مصابيح الكثافة العالية ومصابيح الضغط المنخفض و مصادر إضاءة خاصة.
ج- **في الطب** مثل معالجة السطوح و تعقيم الآلات الطبية.

أشكال البلازما

توجد البلازما في الحياة على ثلاثة أشكال:

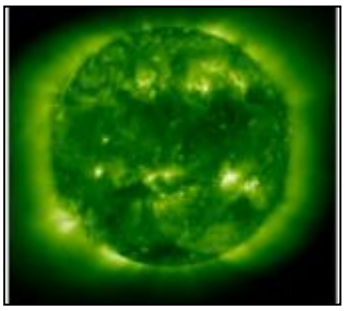
- ✓ البلازما التي تصدر عن الأجهزة الصناعية : لقد تطرقنا إلى هذا الشكل ضمن موضوع تطبيقات البلازما.
- ✓ البلازما الطبيعية الأرضية :

1. البرق.
2. كرة البرق.
3. نار سانت إلمو.(santé Elmo fire)
4. طبقة الغلاف المتأين.
5. الشفق القطبي (aurora)
6. الغازات النبيلة (في وقت الفجر)

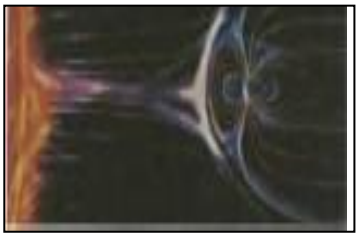
- ✓ البلازما الطبيعية الكونية :

1. النجوم (stellar)
2. الرياح الشمسية.(solar wind)
3. الفراغ المحيط بين الكواكب والنجوم والمجرات.(Stellar interiors)
4. حلقة أحد أقمار المشتري.
5. الأقراص الناشئة من تكوين الأجسام النجمية الضخمة.
6. سديم المجرات.(galactic mists)
7. الأذرع المجرية.(galactic arms)
8. البقع الشمسية وهالتها.(Solar corona and sunspots)
9. النجوم البعيدة جدا والزائفة والمستعرات والثقوب السوداء.(Quasars, pulsars, novas, and black holes)
10. الغازات النبيلة.(Gaseous nebulae)
11. المذنبات (comet tails)

الشفق وقت الفجر



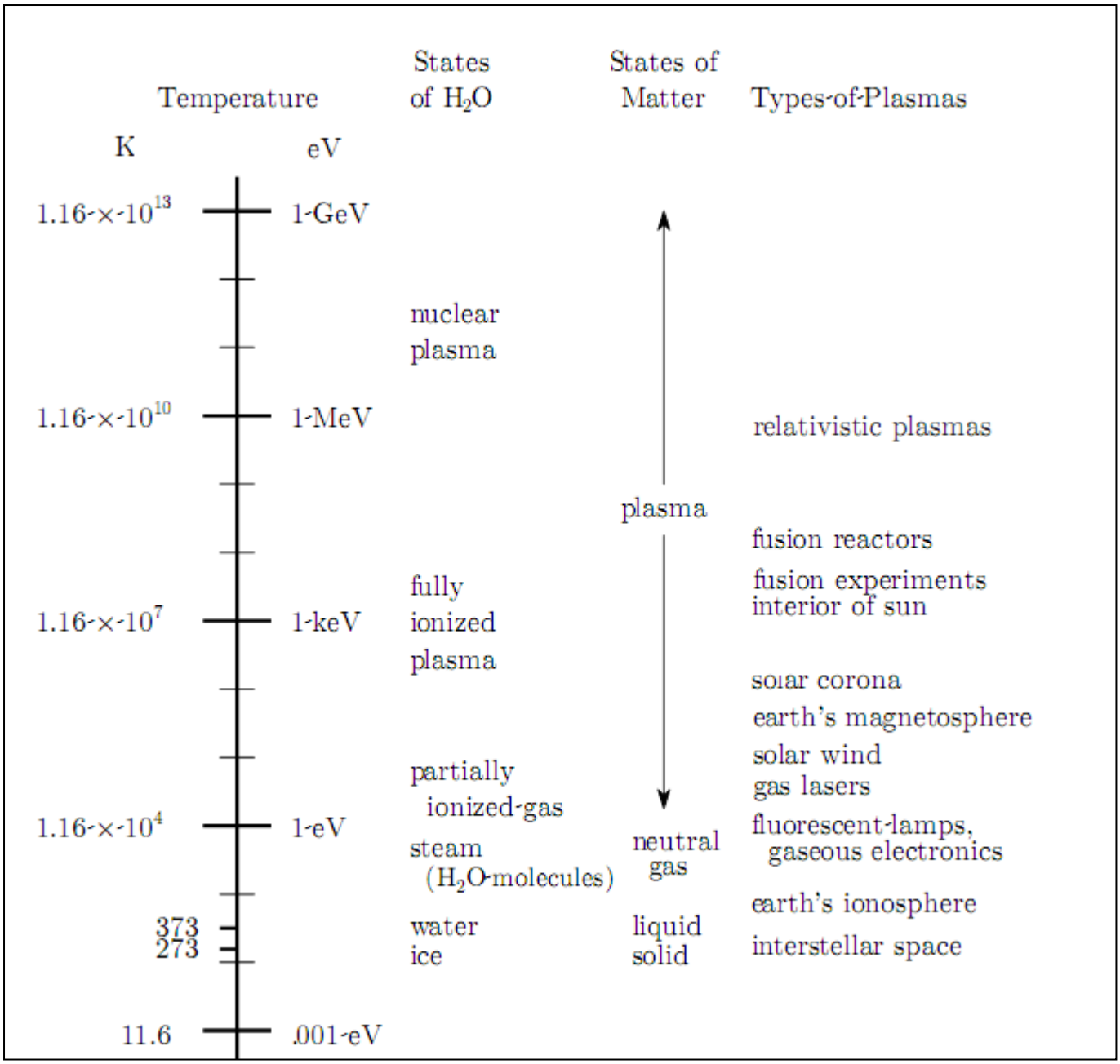
الهالة الشمسية



الرياح الشمسية إلى الأرض

المذنب (بلازما مغبرة)

البلازما عند تولد النجوم



الخواص العامة لفيزياء البلازما:

- تكون على الأغلب غير متجانسة (non homogeneous) : في التركيز ودرجة الحرارة والإشعاع والمجال المغناطيسي ولذلك فان خواصها الفيزيائية دوال الروابط المجالات والفضاءات.
- في أكثر الأحيان تكون متباينة الخواص (isotropic) : وهذا يعني أن خواص البلازما تعتمد على الاتجاه.
- مبددة (dissipative) : أي انه من الممكن تحويل الطاقة الميكانيكية والكهرومغناطيسية إلى الطاقة الحرارية.
- مشتتة (dispersive) : أي إن طور السرعة لنمط موجي معين يعتمد على تردد الموجة.
- لزجة (viscous) : بحيث أن الطاقة الميكانيكية تتبدد إلى حرارة التي تؤدي إلى ظهور طبقات بين أطراف البلازما مما تعيق حركتها.
- موصلة للكهربائية : بحيث أن الفولتية تولد التيار الكهربائي عندما يظهر حث فاراداي عند تحرك البلازما مع الأخذ بنظر الاعتبار المجال المغناطيسي الخارجي.
- موصلة للحرارة : بحيث يمكن نقل الحرارة من خلال البلازما إلى جسم آخر.

- لا خطية (non linear) : هذا يعني انه بإمكان لموجتين من التفاعل بالصورة التي يمكن توليد الاضطراب وعدم الاستقرارية في تقاطع التضمين(modulation) للموجات الكهرومغناطيسية.
- شفافة (transparent) أو غير شفافة للموجات الراديوية اعتمادا على الطول الموجي.
- ذات نفاذية (permeation) مغناطيسية ضعيفة : لذلك فان المجال المغناطيسي يضعف بوجود البلازما.
- ناقلة للطاقة ويمكن تحويلها إلى عدة أشكال منها كتوليد الطاقة الهيدروديناميكية.
- قد تكون في حالة توازن ميكانيكي عند احتوائها على المرآة المغناطيسية، (وعندها لا تكون في حالة التوازن الثرموديناميكي)
- نادرا ما تكون في حالة التوازن الثرموديناميكي وعندها لا تبعث إشعاعا كالجسم الأسود.
- قد تكون غازا كثيفا أو ذا كثافات عالية اقرب لكي تكون عبارة عن سائل يخضع للنظرية العامة للغاز المثالي.

أنواع البلازما:

تصنف البلازما اعتمادا على درجة التأين (وهي كمية الذرات التي فقدت أو اكتسبت الكترونات) إلى نوعين :

1) البلازما الباردة (cold plasma): يطلق على البلازما ذات التأين الخفيف تسمية "البلازما الباردة". والتي تتراوح درجة حرارتها ما بين عدة مئات إلى عدة عشرات الآلاف يطلق عليها (التفريغ الغازي الأيوني) من الدرجات المئوية.
ومن الممكن الحصول على بلازما بدرجة قليلة من التأين (أكثر الغازات المحايدة)، بمعنى أن الأيونات ذات الدرجة المرتفعة من التأين تكون الإلكترونات فيها قليلة وبارزة في كل أيون. ويمكن لهذا النوع من البلازما أن تتواجد في فضاء بين النجوم والفراغات العالية.
2) البلازما الحارة (hot plasma): ويطلق ذلك على البلازما تامة التأين والتي تتراوح درجة حرارتها ما بين مئات الآلاف إلى ملايين من الدرجات المئوية. أن المكون الأساسي للشمس والنجوم المضاءة من البروتونات والنيوترونات والالكترونات المتفاعلة تعد من البلازما الحارة.
3) البلازما شديدة البرودة (very cold plasma) : ومن الممكن إنتاج بلازما شديدة البرودة باستخدام شعاعي ليزر، أحدهما يمسك ويبرد الذرات المحايدة المتعادلة إلى درجة حرارة تعادل 1 ملي كلفن أو أقل، والآخر يؤين الذرات بواسطة إعطاء الإلكترونات الأبعد طاقة كافية للخروج من مجالها الذري.
والنقطة المهمة في البلازما شديدة البرودة هي معالجة الذرات بدقة بواسطة الليزر، والسيطرة على الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة. باستخدام ليزر نبضي معين، يمكن إنتاج طاقة إلكترون مقارنة لدرجة حرارة صغيرة تعادل 0.1 كلفن، ويكون نطاق تردد الليزر النبضي محدد سلفاً، فالأيون يحافظ على درجة حرارة تساوي ملي كلفن في الذرة المحايدة المتعادلة. هذا النوع من البلازما تكون غير المتوازنة ينشأ بسرعة، حيث تتشكل البلازما من تكثيف الذرات بالإثارة

وتصنف أيضا استنادا للحرارة المرتبطة بالإلكترونات والأيونات والجسيمات المحايدة المتعادلة إلى :

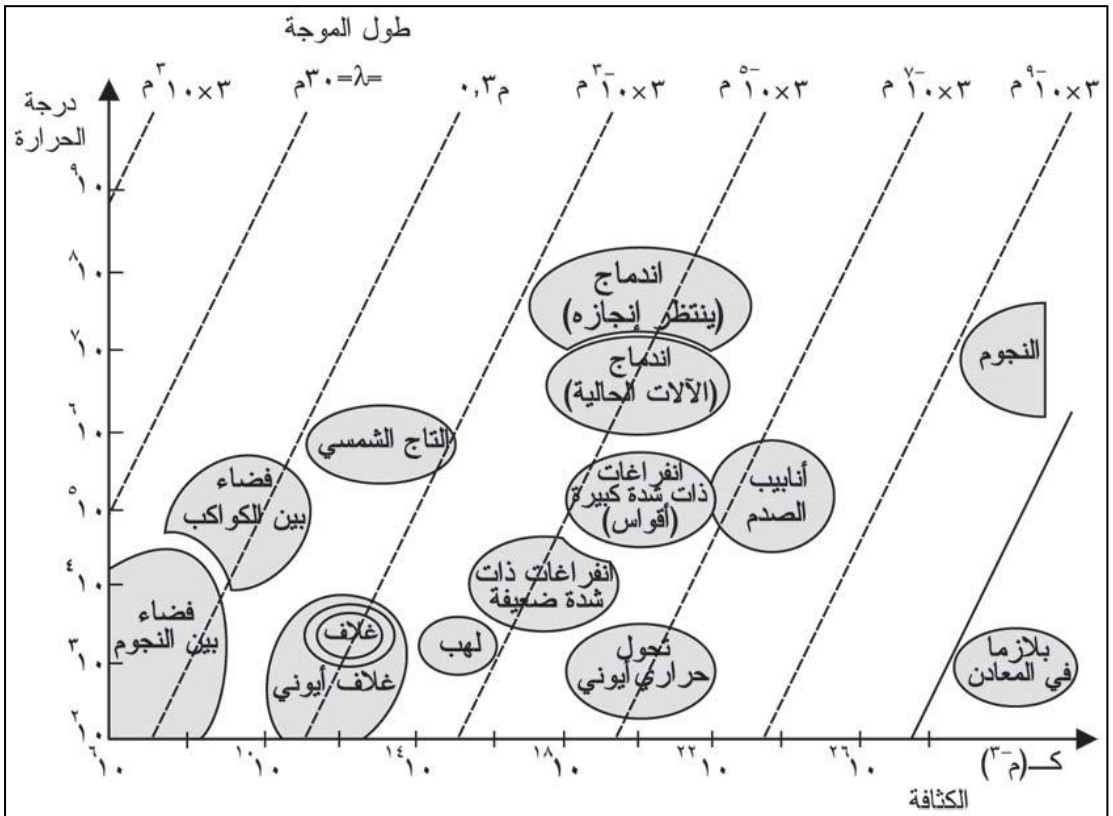
1. البلازما الحرارية (thermal plasma) : تكون فيها الإلكترونات والأجسام الثقيلة بنفس درجة الحرارة، أي تكون بحالة توازن حراري مع بعضها البعض.
2. البلازما اللاحرارية (non thermal plasma) : تكون الأيونات والجسيمات المحايدة المتعادلة بحالة الحرارة المحيطة بها بينما ترتفع درجة حرارة الإلكترونات بشكل أكبر بكثير.

وتصنف من حيث وجود المجال المغناطيسي إلى :

1. البلازما المغناطيسية (magnetized plasma): وتكون بوجود المجال المغناطيسي.
2. البلازما غير المغناطيسية (non- magnetized plasma) : وتكون المجال المغناطيسي عندها مساويا إلى الصفر.

وهناك أنواع مختلفة حسب التصنيفات والخواص والاستعمالات و...الخ

- ✓ البلازما الحيادية :هي البلازما ذات الإلكترونات القوية وجودة التوصيل التي تضمن عادة تعادل كثافة الشحنات السالبة والموجبة لكل نطاق محدد.
- ✓ البلازما اللاحيادية : هي البلازما المحتوية على كمية إضافية من كثافة شحنة معينة، أو في بعض الحالات القصوى، تكون ذات صنف واحد فقط، وفي هذا النوع من البلازما، يلعب المجال الكهربائي دورا رئيسيا، ومن أمثلة هذا النوع: حزمة الجزيئات المشحونة والغيوم الإلكترونية والبلازما البوزترونية.
- ✓ البلازما المغبرة والبلازما الحبيبية : توجد البلازما المغبرة عادة بالفضاء الخارجي، وتتميز بوجود الغبار فيها، فإذا صارت الجسيمات أكبر فتكون حبيبية، وتكون ذات تصرفات البلازما.
- ✓ البلازما الكواركات : وتتميز بحالة نووية ذات كثافة مادية هائلة.



مناطق أنواع البلازما

تدل الخطوط المائلة المتقطعة على الأطوال الموجية للاهتزازات التي يمكن أن تتولد في كل منطقة