

سنة الفجر

انرژی پلاسما چیست ؟

مرکز تحقیقات کاربردی نهاده های کشاورزی

گردآوری : منوچهر دستور

کارشناس ارشد شیمی

پاییز ۱۳۹۸

در مدارس ابتدایی آموزش می‌دهند ماده در سه حالت موجود است: جامد، مایع و گاز؛ اما آن‌ها حالت پلاسما (یک نوع خاص از گاز برقی) را فراموش کرده‌اند. پلاسما طبیعتی به‌ندرت پیدا می‌شود، اما از طریق شفق‌های شمالی یا مشاهده‌ی نور خورشید از طریق یک فیلتر ویژه یا بیرون بردن سر از پنجره در طول طوفان نوری می‌توان آن را مشاهده کرد. پلاسما با وجود ماهیت کمیابی که در زندگی روزمره دارد، بیش از ۹۹ درصد از ماده‌ی مرئی موجود در جهان را تشکیل می‌دهند (اگر ماده‌ی تاریک را فاکتور بگیریم).

فیزیک پلاسما غنی است و به‌دلیل خاصیت‌های ویژه و منحصربه‌فرد حوزه‌ی وسیعی از پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده است. در بعضی حوزه‌های علمی، انرژی ذهنی از زیبایی نظریه‌های زمینه‌ای و جست‌وجوی قوانین اساسی و عمیق سرچشمه می‌گیرد، برای مثال می‌توان به نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین یا تلاش نظریه‌پردازهای رشته‌ای برای جایگزینی مدل استاندارد ذرات زیراتمی با مجراهای متناوب انرژی اشاره کرد. در بررسی پلاسما هم از ساختارهای ریاضی برجسته استفاده می‌شود؛ اما این بررسی برخلاف دیگر بررسی‌های مشابه بر اساس کاربردهای موجود در جهان واقعی انجام می‌شود.

کره زمین در لایه‌ای از گاز قرار گرفته است. این گاز، ترکیبی از اکسیژن و نیتروژن محسوب می‌شود. اگر از سطح زمین فاصله بگیریم، شرایط جوی بسیار متفاوت خواهد بود. در فاصله‌ی حدود ۸۰ کیلومتر بالاتر از جو زمین، ترکیب اصلی اتمسفر به صورت مخلوطی از بارهای مثبت و منفی است. در حقیقت در این فاصله از زمین ساختار جو، به صورت یونیزه در آمده.

ساختار یونیزه (ذرات باردار مثبت، منفی و خنثی) به صورت مخلوطی است که کنار هم قرار گرفته باشند. به این حالت از ماده، "پلاسما" (Plasma) گفته می‌شود. معمولاً پلاسما را به عنوان حالت چهارم ماده می‌شناسند. بسیاری از ستاره‌شناسان معتقدند پس از انفجار بزرگ یا بیگ بنگ (بیگ بنگ: حالت چهارم ماده پلاسما، شبیه گاز است و از اتمهایی تشکیل شده است که تمام یا تعدادی از الکترون‌های خود را از دست داده اند - یونیده شده اند - بیشتر مواد جهان در حالت پلاسما هستند مانند خورشید که از پلاسما تشکیل شده است. پلاسما اغلب بسیار گرم است و می‌توان آن را در میدان مغناطیسی به دام انداخت، اما پلاسما سرد نیز وجود دارد.) در ابتدا این حالت از ماده تشکیل شده است.

سطح خورشید و بسیاری دیگر از ستاره‌ها در حالت پلاسما قرار دارد.

نحوه ایجاد و انواع مختلف پلاسما :

به منظور ایجاد حالت پلاسما، بایستی به اتم‌های یک ماده انرژی تزریق شود. این انرژی می‌تواند به شکل‌های مختلفی از جمله گرمایی، الکتریکی یا نور باشد. اگر انرژی وارد شده به ماده به اندازه کافی زیاد نباشد، پلاسما به حالت خنثی اولیه باز خواهد گشت.

همانطوریکه گفته شد اگر به ارتفاع بیشتری از سطح زمین برویم، بخش بسیاری از اتمسفر را ترکیبات یونی تشکیل می‌دهند. جالب است بدانید که ۹۹ درصد از مواد تشکیل دهنده کیهان به صورت پلاسما است.

پلاسما چگونه به وجود می‌آید؟

فرض کنید بخواهید یک ظرف پر از یخ را گرم کنید و روند ذوب آن از حالت جامد به مایع و گاز را مشاهده کنید. با افزایش دما، انرژی و تحرک مولکول‌های آب افزایش پیدا می‌کند و به صورت آزادانه در اطراف حرکت می‌کنند. اگر در دمایی مثل ۱۲ هزار درجه سانتی‌گراد به کار خود ادامه دهید، اتم‌ها شروع به تجزیه می‌کنند. الکترون‌ها از هسته‌ی خود جدا می‌شوند و ذرات بارداری موسوم به یون را از خود باقی می‌گذارند که در گروهی از الکترون‌ها می‌چرخند. این شرایط دقیقاً وضعیت پلاسما را نشان می‌دهد. ارتباط بین پلاسما فیزیکی و پلاسما خونی بیشتر از یک تصادف است. در سال ۱۹۲۷، شیمی‌دان آمریکایی ابروینگ لانگمویر مشاهده کرد که روش حمل الکترون‌ها، یون‌ها و مولکول‌ها در پلاسما و دیگر ناخالصی‌ها مشابه روش عبور پلاسما خونی حول گلبول‌ها سفید و سلول‌های نطفه است.

لانگمویر یکی از پیشتازان بررسی پلاسماها بوده است؛ او با همکار خود لوی تانکز به این نتیجه رسید که پلاسما بر اساس نوسان سریع الکترون‌ها به دلیل رفتار جمعی ذرات قابل شناسایی است. یکی از دیگر ویژگی‌های جذاب پلاسما ظرفیت آن برای پشتیبانی از موج‌های هیدرومغناطیسی است (برآمدگی‌هایی که در امتداد خطوط میدان مغناطیسی در پلاسما حرکت می‌کنند و حرکت آن‌ها مشابه نوسان‌های سیم گیتار است).

چهار حالت شناخته شده برای مواد :

عمدتاً پلاسما در جهان هستی به صورت طبیعی ایجاد می‌شود. البته در آزمایشگاه نیز این حالت از ماده را می‌توان ایجاد کرد. معمولاً از پلاسما مصنوعی در فرآیندهای تولید سطح و لایه نشانی استفاده می‌کنند. در حالت کلی سه نوع پلاسما زمینی، ستاره‌ای و مصنوعی وجود دارد.

نمونه‌هایی از هریک از این پلاسماهای ذکر شده بشرح ذیل است :

پلاسمای مصنوعی :

نمایشگرهای پلاسمای - لامپ فلوروسنت - پلاسمای استفاده شده در لایه نشانی - لیزر پلاسمای

پلاسمای مصنوعی - سرد و گرم

پلاسمای گرمایی یا پلاسمای داغ، در قوس‌های الکتریکی، جرقه‌ها یا شعله‌ها ایجاد می‌شوند. در این نوع از پلاسمایون‌های داغ مثبت و منفی با انرژی بالا در حرکت‌اند. این نوع از پلاسمایها در لیزرهای قطع‌کننده کاربرد دارند. دمای کاری این لیزرها بین ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ درجه سانتی‌گراد است.

کاربردهای دیگری از پلاسمای گرم:

■ تولید قوس الکتریکی در نورافکن‌ها

■ فرآیند پوشش پلاسمایی

■ تولید جرقه به منظور بریدن و جوش دادن فلزات

■ تولید انرژی در فرآیند همجوشی هسته‌ای



پلاسمای سرد یا غیر گرمایی پلاسمایی است که به نسبت کمتر یونیزه شده باشد. در این پلاسمای الکترون‌ها در دمای بالا و یون‌های مثبت و خنثی در دمای پایین قرار دارند. زمانی که یک لامپ فلوروسنت در دمای اتاق روشن می‌شود، پلاسمای سرد در لامپ شکل می‌گیرد.

اگرچه دانشمندان به دنبال درک عمیق‌تر ساختار و ویژگی‌های پلاسمای هستند، با این حال استفاده از پلاسمای سرد یا غیر گرمایی در تکنولوژی‌های جدید رو به رشد است. برای نمونه در تولید اجزاء سخت کامپیوتر، از فرآیند رسوب دهی شیمیایی بخار مبتنی بر پلاسمای، به منظور تولید مدار مجتمع استفاده می‌شود.

نمونه‌هایی از کاربردهای پلاسمای سرد :

مرگ باکتری ها با استفاده از پلاسمای سرد:

محققین با استفاده از پلاسمای سرد روش جدیدی برای نابود کردن باکتریها کشف کردند. پلاسمای شامل ذرات باردار - الکترونها - یونها و ذرات بدون بار مانند اتمهای برانگیخته و مولکولها می باشد. بیشتر پلاسمایها در فشار معمولی داغ هستند (در حدود چندین هزار درجه سانتیگراد) بنابراین کنترل آنها مشکل است. محققین با استفاده از مانع مقاوم بدون بار در دما و فشار اتاق پلاسمای سرد تولید کردند.

آنان دو نوع باکتری را در معرض پلاسمای سرد قرار دادند و با میکروسکوپ الکترونی تاثیرات پلاسمای را روی آنها بررسی کردند. بعد از گذشت ده دقیقه مشاهده کردند که هر دو نوع باکتری بوسیله اشعه فرا بنفش و قسمت‌های آزاد پلاسمای از بین رفتند. محققین معتقدند که پلاسمای سرد ویروسهای مهلک را از بین می برد و برای استریلیزه کردن سریع و مطمئن تجهیزات دارویی می تواند جایگزین روشهای سمی شود.

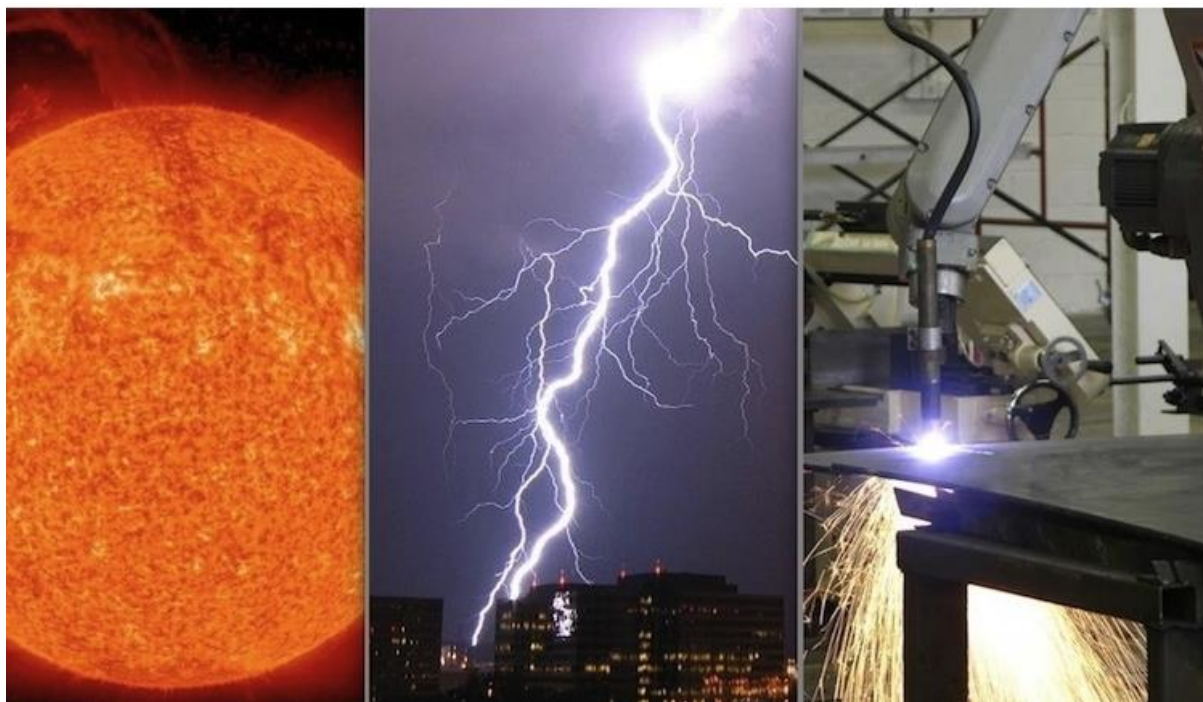
لامپ‌های فلوروسنت - نمایشگرهای پلاسمای - کنترل کننده‌های محیطی - لوازم تزئینی

پلاسمای زمینی :

رعد و برق - شفق قطبی - لایه یونسفر - شعله‌های بسیار داغ

پلاسمای ستاره‌ای :

ستاره‌ها- طوفان‌های خورشیدی- سحابی بین ستاره‌ای- فضای بین سیاره‌ها، ستاره‌ها و کهکشان‌ها در تصویر زیر نیز هریک از انواع پلاسمای بیان شده ارائه شده‌اند.



ویژگی‌های پلاسما :

پلاسما پر انرژی‌ترین شکل ماده محسوب می‌شود. همانطوریکه گفته شد ساختار پلاسما از ذرات متحرک مثبت، منفی و خنثی تشکیل شده. البته این حالت بسیار مشابه به حالت گازی است. مهم‌ترین تفاوت‌های میان این دو شکل از ماده به ترتیب زیر هستند.

پلاسما دارای هدایت الکتریکی بسیار بالایی است.

پلاسما به میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی نسبت به میدان گرانشی حساس‌تر است.

حرکت ذرات باردار در پلاسما، منجر به تولید میدان مغناطیسی و الکتریکی می‌شود.

به دلیل بی‌نظمی شدید و سطح انرژی بالا در پلاسما، این حالت، تابش الکترومغناطیسی مختص به خود را ایجاد می‌کند.

به‌منظور نگه داشتن انرژی بالا در پلاسما، تزریق پیوسته انرژی به ماده بایستی برقرار باشد.

نمایشگرهای پلاسما :

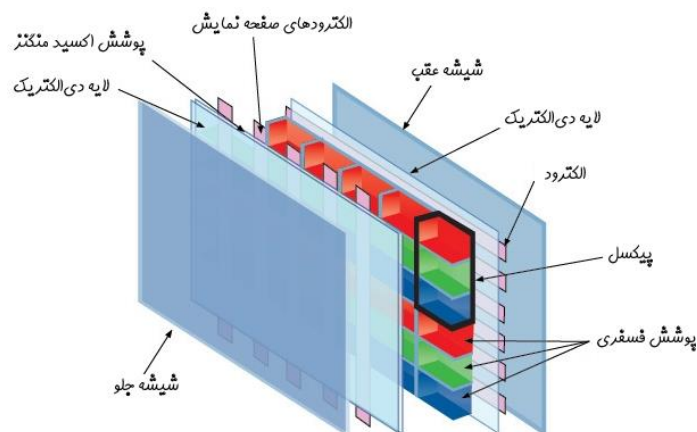
صفحه نمایش‌های پلاسما، از دو لایه شیشه‌ای تشکیل شده، که لایه‌ای نازک از پیکسل بین آن‌ها قرار گرفته است. هریک از پیکسل‌ها از سه سلول گازی تشکیل شده. گاز موجود در سلول‌ها ترکیبی از نئون و زئون است. هریک از این سلول‌ها به نحوی با فسفر رنگ آمیزی شده‌اند که هنگام تابش نور آبی، سبز یا قرمز را ساطع می‌کنند.

شبکه‌ای از الکترودها جریان الکتریکی را بین منبع و سلول‌ها برقرار می‌کنند. زمانی که جریان الکتریکی برقرار شود، گاز درون سلول‌ها به صورت پلاسما در آمده (یونیزه می‌شوند) و نور فرابنفش ساطع می‌کنند. فسفر درون سلول‌ها این تابش را دریافت کرده و نورهای سبز، قرمز یا آبی ساطع می‌کنند.

این که یک نمایشگر چه تعداد پیکسل داشته باشد، وابسته به رزولوشن صفحه است. برای نمونه یک صفحه با رزولوشن 720×1280

دارای $720 \times 1280 = 921,600$ پیکسل است. هر پیکسل دارای ۳ سلول است، بنابراین صفحه دارای $921,600 \times 3 = 2,764,800$ سلول خواهد بود.

با کنترل کردن جریان ورودی به سلول‌ها شدت رنگ‌ها عوض شده و می‌توان ترکیب‌های مختلفی را از رنگ‌ها بوجود آورد. شکل زیر شماتیک یک نمایشگر پلاسما را نشان می‌دهد.



سایر موضوعات مرتبط :

۱- جریان گرم مکانیک کوانتومی در یک پلاسمای سرد : وقتی هانز آلفن، دانشمند سوئدی و برنده‌ی جایزه‌ی نوبل برای اولین بار به وجود این موج‌ها در ۱۹۴۲ اعتراف کرد، جامعه‌ی فیزیک هنوز نسبت به این مسئله در شوک به سر می‌برد. اما انریکو فرمی، فیزیکی دان و عضو دانشگاه شیکاگو در یکی از سخنرانی‌های خود در مورد این نتیجه گفت: احتمال وجود چنین موجی مثبت است! از آن زمان بر سر صحیح بودن نتیجه‌ی آلفن توافق شده است.

یکی از بزرگ‌ترین محرک‌های علم پلاسمای معاصر، وعده‌ی گداخت هسته‌ای کنترل‌شده است، در این فرآیند اتم‌ها با یکدیگر ادغام می‌شوند و با انفجارهای انرژی کنترل‌شده آزاد می‌شوند. به این صورت منبع امنی از توان و انرژی سبز محدود فراهم می‌شود، البته این فرآیند ساده نیست. قبل از این که این انفجار و گداخت روی زمین رخ دهد، پلازما باید تا دمای بیش از ۱۰۰ میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد گرم شود که تقریباً ۱۰ برابر داغ‌تر از دمای مرکز زمین است!

اما بازهم این پیچیده‌ترین بخش ماجرا نیست؛ پژوهشگرها در دهه‌ی ۱۹۹۰ موفق شدند به این دما و حتی دماهای بیشتر از آن هم برسند؛ اما مشکل اینجاست که پلاسمای داغ بسیار ناپایدار است و در یک حجم ثابت باقی نمی‌ماند، به بیان دیگر قرار دادن آن در یک محفظه و رساندن آن به مرحله‌ی کاربرد دشوار است. تلاش برای دستیابی به گداخت هسته‌ای کنترل‌شده به دهه‌ی ۱۹۵۰ بازمی‌گردد. در آن زمان، ایالات متحده و همین‌طور اتحاد جماهیر شوروی و بریتانیا به صورت محرمانه روی این فرآیند پژوهش می‌کردند. دانشگاه پرینستون در ایالات متحده مرکز این پژوهش‌ها بود.

پلازما

فیزیک دانی به نام لیمان اسپیتزر پروژه‌ی ماترهورن را شروع کرد؛ در این پروژه گروهی از دانشمندان برای جرقه و بسته‌بندی گداخت در یک دستگاه به شکل هشت انگلیسی به نام استلاریتور تلاش کردند. در آن زمان تجهیزات کامپیوتری وجود نداشت و راه‌حل‌ها با محاسبات کاغذی پیاده‌سازی می‌شدند. با اینکه نتوانستند این پازل را حل کنند اما اصل انرژی را توسعه دادند و این اصل به روش قدرتمندی برای تست پایداری ایدئال پلازما تبدیل شد. هم‌زمان دانشمندان در اتحاد جماهیر شوروی هم به توسعه‌ی یک دستگاه دیگر مشغول بودند. این دستگاه که به توکاماک معروف بود، توسط دو فیزیک‌دان به نام اندرو ساخاروف و

ایگور تام طراحی شده بود و از یک میدان مغناطیسی قوی برای احاطه ی پلاسمای داغ به شکل یک دونات استفاده می کرد.

توکاماک در حفظ پایداری پلاسمای داغ عملکرد بهتری داشت و امروزه اغلب برنامه های پژوهشی گداخت به طراحی توکاماک وابسته هستند. به این منظور، کنسرسیوم چین، اتحادیه ی اروپا، هند، ژاپن، کره، روسیه و ایالات متحده برای ساخت بزرگ ترین رآکتور توکاماک با یکدیگر همکاری می کنند که انتظار می رود تا سال ۲۰۲۵ افتتاح شود. با این حال در سال های اخیر، اشتیاق زیادی به استلاریتورها هم وجود داشته که بزرگ ترین نمونه ی آن در سال ۲۰۱۵ در آلمان افتتاح شد. سرمایه گذاری بر پژوهش های مرتبط با گداخت می تواند بهترین فرصت را برای دستیابی به موفقیت در اختیار ما بگذارد.

۲- در مورد بادهای خورشیدی و سازوکار آنها چه می دانیم ؟

پلازما با فیزیک فضای اطراف زمین گره خورده است، در این فضا اجرام از طریق خلاء و بادهای خورشیدی حمل می شوند. خوشبختانه میدان مغناطیسی زمین از ما در مقابل ذرات باردار پلازما و تشعشعات مخرب بادهای خورشیدی محافظت می کند اما ماهواره ها، سفینه ها و فضا نورد ها در معرض این تهدید قرار دارند. ظرفیت آن ها برای بقا در این محیط متخاصم به درک و تطبیق ما با ویژگی های پلازما وابسته است.

در یک حوزه ی جدید به نام اقلیم فضایی نقش فیزیک پلازما مشابه دینامیک سیالات در شرایط جوی، زمینی است. بیشتر پژوهش های مؤلف به اتصال مجدد مغناطیسی اختصاص یافته، در این فرآیند خطوط میدان مغناطیسی در پلازما می توانند تفکیک شده و دوباره به یکدیگر بپیوندند و همین فرآیند منجر به انتشار سریع انرژی می شود. این فرآیند می تواند انرژی لازم برای انفجارهای خورشیدی مثل شعله های خورشیدی را فراهم کند، اگرچه هنوز جزئیات آن مشخص نیست. در آینده می توان طوفان های خورشیدی را (مشابه پیش بینی هوای بد در شهرها) پیش بینی کرد.

با نگاهی به گذشته (نه روبه جلو) در فضا و زمان می توان به دیدگاه های جدید فیزیک پلازما در مورد نحوه ی شکل گیری ستاره ها، کهکشان ها و خوشه های کهکشانی پی برد. بر اساس مدل استاندارد کیهانی، پلازما در جهان آغازین فراوانی بالایی داشته است؛ سپس با سرد شدن تدریجی جهان، الکترون های باردار و پروتون ها برای تشکیل اتم های خنثای هیدروژنی (از نظر الکتریکی) به یکدیگر می پیوندند.

استفاده از پتانسیل پلازما به درک کیهان کمک می کند

این وضعیت تا شکل گیری اولین ستاره ها و سیاهچاله ها ادامه داشت و تشعشعات رادیویی را منتشر می کرد در این مرحله جهان مجدداً به یون تبدیل شده و به وضعیت پلازما برمی گردد. در نهایت پلازما به توصیف

بعضی از پدیده‌های طیفی در دورترین بخش‌های کیهان کمک می‌کند. در فاصله‌ی دوری از سیاهچاله‌ها، اجرام بزرگ به قدری متراکم هستند که نور هم نمی‌تواند از دست آن‌ها فرار کند. این اجرام عملاً به صورت مستقیم قابل مشاهده نیستند.

باین حال، سیاهچاله‌ها معمولاً با دیسک چرخانی از ماده‌ی پلاسما احاطه شده‌اند که در جاذبه‌ی گرانشی سیاهچاله به دور آن‌ها می‌چرخد و فوتون‌های پرنرژی را آزاد می‌کند که در طیف اشعه‌ی ایکس قابل مشاهده و ردیابی هستند، این فوتون‌ها حقایقی را در مورد این فضای بی‌کران بیان می‌کنند.

پلاسما به نظر مرموز می‌رسد اما استفاده از پتانسیل آن می‌تواند به درک کیهان کمک کند؛ و همچنین با دستیابی به گداحت هسته‌ای کنترل شده، پلاسما را می‌توان حالتی از ماده دانست که حتی ادامه‌ی زندگی بدون آن غیرممکن باشد.

۳- اسپری پلاسما :

در روش پلاسما اسپری گاز تشکیل دهنده پلاسما که در مرحله شروع قوس آرگن یا هلیوم است و پس از برقراری قوس پایدار به ترکیبی از آرگن یا هلیوم با هیدروژن یا نیتروژن تبدیل می‌شود، از بین کاتد و آند عبور کرده و بر اثر تخلیه الکتریکی این ناحیه یونیزه می‌گردد. مقدار انرژی صرف شده برای یونیزه کردن گاز، در ناحیه‌ای در خارج گذرگاه مابین کاتد و آند آزاد شده و به گرما تبدیل می‌گردد و بدین ترتیب دمایی در حدود ۱۵۰۰۰ درجه سانتیگراد حاصل خواهد شد و مولکول‌های منبسط شده گاز با سرعتی نزدیک به صوت ذرات ماده پوشش بصورت پودر را که ذوب شده اند، به سمت سطح قطعه خواهند راند و بدین ترتیب پوششی متراکم با چسبندگی بالا حاصل خواهد شد.

پوشش‌های پلاسما اسپری، جهت محافظت سطح قطعات در برابر عواملی مانند دمای بالا، خوردگی داغ، خوردگی دمای محیط و فرسایش مورد استفاده قرار می‌گیرند، این پوشش‌ها در صنایع مختلف از جمله صنایع نفت، نساجی، فولاد، نیروگاهی، شیمیایی و ... کاربرد فراوان دارند. بعنوان نمونه می‌توان موارد زیر را ذکر کرد:

- ۱- کاربرد تنگستن و کاربید کرم : مقاوم در برابر سایش ۲- اکسید آلومینیم : مقاوم در برابر دمای بالا
- ۳- سایش ۳- اکسید زیرکونیم : پوشش سپر حرارتی ۴- آلیاژهای پایه نیکل : مقاوم در برابر خوردگی ۵- اکسید کرم : مقاوم در برابر سایش