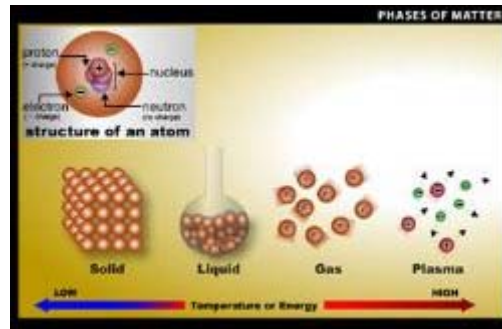




شکل جدید ماده



تمام دانش‌آموزان راهنمایی خصوصیات حالات معمول ماده روی زمین را می‌شناسند. مواد جامد در برابر تغییر شکل مقاومت می‌کنند، آنها سفت و گاهی شکننده اند. مایع‌ها جاری می‌شوند و به سختی متراکم می‌گردند و شکل ظرف خود را می‌گیرند.

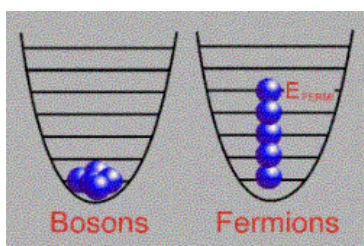
گازها کم چگال‌تر اند و ساده‌تر متراکم می‌شوند و نه تنها شکل ظرف محتویشان را می‌گیرند، بلکه آن قدر منبسط می‌شوند تا کاملاً آن را پر کنند. حالت چهارم ماده، پلاسما، شبیه گاز است و از اتم‌هایی تشکیل شده‌است که تمام یا تعدادی از الکترون‌های خود را از دست داده‌اند (یونیده شده‌اند). بیشتر ماده جهان در حالت پلاسماست، مثل خورشید که از پلاسما تشکیل شده‌است. پلاسما اغلب بسیار گرم است و می‌توان آن را در میدان‌های مغناطیسی به دام انداخت.

حالت پنجم با نام ماده چگال بوز-اینشتین (condensate Bose-Einstein) که در سال ۱۹۹۵ کشف شد، در اثر سرد شدن ذراتی به نام بوزون‌ها ((Bosons تا دماهایی بسیار پایین پدید می‌آید. بوزون‌های سرد در هم فرومی‌روند و ابر ذره‌ای که رفتاری بیشتر شبیه یک موج دارد تا ذره‌ای معمولی شکل می‌گیرد. ماده چگال بوز-اینشتین شکننده‌است و سرعت عبور نور در آن بسیار کم است.

حالت تازه هم ماده چگال فرمیونی ((Fermionic condensate است. دבורا جین (Deborah Jin) از دانشگاه کلرادو که گروهش در اواخر پاییز امسال (۱۳۸۲) موفق به کشف این شکل تازه ماده شده‌است، می‌گوید: وقتی شکل جدیدی از ماده روبرو می‌شوید باید زمانی را صرف شناخت ویژگی‌هایش کنید. آنها این ماده تازه را با سرد کردن ابری از پانصد هزار اتم پتاسیم - ۴۰ تا دمایی کمتر از یک میلیونیم درجه بالاتر از صفر مطلق پدید آوردند. این اتم‌ها در چنین دمایی بدون گران‌روی جریان می‌یابند و این نشانه ظهور ماده‌ای جدید بود. در دماهای پایین‌تر چه اتفاقی می‌افتد؟ هنوز نمی‌دانیم.

ماده چگال فرمیونی بسیار شبیه ماده چگال بوز-اینشتین ((BEC است. ذرت بنیادی و اتم‌ها در طبیعت می‌نوانند به شکل بوزون یا فرمیون باشند. یکی از تفاوت‌های اساسی میان آنها حالت‌های کوانتومی مجزای ذرت است. تعداد زیادی بوزون

می توانند در یک حالت کوانتومی باشند ، مثلا انرژی ، اسپین و ... آنها یکی باشد ، اما مطابق اصل طرد پائولی دو فرمیون نمی توانند همزمان حالت های کوانتومی یکسان داشته باشند. برای همین مثلا در آرایش اتمی ، لکترون ها که فرمیون هستند نمی توانند همگی در یک تراز انرژی قرار گیرند. در هر اربیتال تنها دو الکترون که اسپین های متفاوت داشته باشند جا می گیرد و الکترون های بعدی باید به اربیتال دیگری با انرژی بالاتر بروند. بنابراین اگر فرمیون ها را سرد کنیم و انرژی آنها را بگیریم ، ابتدا پایینترین تراز انرژی پر می شود ، اما ذره بعدی باید به تراز با انرژی بالاتر برود. وجود ماده چگال فرمیونی همانند ماده چگال بوز- اینشتین سالها قبل پیش بینی شده و خواص آن محاسبه شده بود ، اما رسیدن به دمای نزدیک به صفر مطلق که برای تشکیل این شکل ماده لازم است تا کنون ممکن نشده بود. هر دو از فرورفتن اتم ها در دماهایی بسیار پایین ساخته می شوند. اتم های BEC بوزون اند و اتم های ماده چگال فرمیونی، فرمیون. اما این ها به چه معنی اند؟



بوزون ها درهم فرومی روند، اما فرمیون ها نمی توانند.

بوزون ها می توانند همگی در یک تراز انرژی قرار گیرند. به طور کلی اگر تعداد الکترون + پروتون + نوترون اتمی عددی زوج باشد، آن اتم یک بوزون است. مثلا اتم های سدیم معمولی بوزون اند و می توانند به حالت فاز چگال بوز- اینشتین ادغام شوند.

اما فرمیون ها مطابق اصل طرد پائولی نمی توانند در یک حالت کوانتومی هم ادغام شوند. هر اتمی که تعداد الکترون ها + پروتون ها + نوترون هایش عددی فرد باشد، مثل پتاسیم - ۴۰ یک فرمیون است.

گروه جین برای مقابله با خواص ادغام ناپذیری فرمیون ها از تأثیر میدان مغناطیسی بر آنها استفاده کردند. میدان مغناطیسی سبب می شود (فرمیون های تنها جفت شوند. قدرت این پیوند را میدان مغناطیسی تعیین می کند. جفت های اتم های پتاسیم برخی از خواص فرمیونیشان را حفظ می کنند، ولی کمی شبیه بوزون ها عمل خواهند کرد. یک جفت فرمیون می تواند در جفت دیگری ادغام شود - و جفت تازه در جفتی دیگر ... - تا سرانجام ماده چگال فرمیونی شکل گیرد.

در اثر این پدیده، گرانروی (Viscosity) ماده به وجود آمده باید بسیار کم باشد.

مشابه این پدیده را در ابرسانایی می بینیم. در یک ابرسانا، جفت های الکترون (الکترون ها فرمیون اند) می توانند بدون هیچ مقاومتی جریان یابند. متأسفانه مطالعه و دسترسی به ابرساناها بسیار مشکل است. گرم ترین ابرسانای امروزی باید در دمای ۱۳۵- درجه سانتیگراد عمل می کند و این بزرگترین مشکل برای مطالعه و استفاده از آنهاست. قدرت جفت شدن شگفت انگیز در حالت جدید، دانشمندان را امیدوار کرده است که بتوانند از یافته های خود درباره حالت تازه ماده، برای تولید ابرساناها در دمای اتاق استفاده کنند.

ابرساناها کاربردهای فراوانی در علوم و فن آوری فضایی دارند. برای مثال ژيروسکوپ هایی که برای هدایت فضاپیماها در مدار استفاده می شوند، با آهنرباهای ابرسانا بسیار دقیق تر کار می کنند. همچنین چون ابرساناها می توانند حامل جریان های بیشتر در اندازه های کوچکتری نسبت به یک سیم مسی باشند، حجم موتور هایی که از آنها ساخته می شود ۴ تا ۶ برابر کوچکتر از موتور های امروزی فضاپیماها خواهد بود.