

<http://physicsweb.org/article/news/5/2/8>

2001/02/15

## گرما خوشه‌های اتمی را سرد می‌کند

وقت ی سیستم ی انرژی می‌گیرد، دمای ش زیاد می‌شود. (دست کم این طور یادمان داده اند.) اما حدود یک دهه قبل پیش‌بینی شد در مقیاس‌های بسیار کوچک مواد ی پیدا می‌شوند که با دریافت انرژی سرد می‌شوند. هلموت هاپرلاند [1] و هم‌کارانش از دانش‌گاه فُزی‌بورگ در آلمان، برای اولین بار این ظرفیت گرمایی منفی را در خوشه‌های سدیم اتمی مشاهده کرده اند [2].

گروه هاپرلاند یک روش لیزری به اسم فتوترکیش را برای سنجش انرژی درونی خوشه‌ها در ماه‌های مختلف به کار برد. فتون‌ها به خوشه‌ها انرژی می‌دهند و باعث می‌شوند اتم‌های خوشه بخار شوند. هر خوشه 147 اتم سدیم دارد. پژوهش‌گران از روی تعداد اتم‌های تبخیر شده می‌فهمند خوشه چه قدر انرژی جذب کرده است. با استفاده از این، رخ‌واره ی انرژی- دمای خوشه به دست می‌آید، که پژوهش‌گران از روی آن ظرفیت گرمایی خوشه‌ها را به دست می‌آورند. آن‌ها دریافتند در نزدیکی نقطه ی ذوب خوشه‌ها، با افزایش انرژی دما کم می‌شود، یعنی ظرفیت گرمایی منفی است. تصور می‌شود این پدیده در بسیاری از خوشه‌های کوچک اتمی وجود داشته باشد. علت این که گروه هاپرلاند اتم‌های سدیم را انتخاب کرد این است که ساختار الکترونی آن ساده است و به خوبی مطالعه شده است.

ذوب شدن توده‌های بزرگ جامد‌ها برای مان آشنا است. مثلاً وقت ی یک قالب یخ را گرم می‌کنیم، انرژی جنبشی (یا گرما) به طور پیوسته به انرژی پتانسیل لازم برای شکستن ساختار بلوری تبدیل می‌شود. این همان گرمای نهان ی است که انتروپی سیستم را زیاد می‌کند اما دمای آن را زیاد نمی‌کند. با ذوب شدن یخ، مقدار جامد موجود در قالب به طور یک نواخت کم می‌شود. در توده‌های بزرگ یخ، فقط جزء ناچیزی از اتم‌ها (حدود  $10^{-7}$ )

در مرز بین جامد و مایع است. به خاطر ناچیزبودن این نسبت، افزایش انتروپی از نظر انرژی مجاز است.

اما در خوشه‌های کوچک کسر بزرگی (حدوداً 20%) از اتم‌ها در مرز بین فازهای مایع و جامد است. این باعث می‌شود حالت نیمه‌ذوب‌شده انرژی زیادی داشته باشد. بنابراین بخش‌ی از انرژی جنبشی اتم‌ها به انرژی پتانسیل تبدیل می‌شود تا فرآیند ذوب تسهیل شود. به این ترتیب، دما کم می‌شود، هم‌چند انرژی کل زیاد شده است.

هایرلاند به فیزیکس وب [3] گفت احتمالاً هنوز کاربرد ی برای این کشف وجود ندارد، اما خود این کشف در در فهم به‌تر سیستم‌های اتمی اهمیت زیادی دارد؛ و فهم به‌تر این سیستم‌ها برای پیش‌رفت در زمینه‌ی به‌سرعت‌گسترش‌یابنده‌ی نانوفناوری حیاتی است.

فیزیک‌پیشه‌ها در جرم‌های نجومی و هسته‌های ترک‌شده هم پدیده‌های مشابه‌ی دیده‌اند. از این تشابه چنین بر می‌آید که یک ویژه‌گی معین در این سیستم‌ها مشترک است. هایرلاند توجه می‌دهد که هیچ‌یک از این سیستم‌ها را نمی‌توان مجموعه‌ی ساده‌ای از اجزای‌شان گرفت. آثار موضعی (مثلاً گرانش بین اجزای یک سیستم ستاره‌ای دوتایی) را باید در نظر گرفت. سیستم‌های ستاره‌ای در مقایسه با خوشه‌های اتمی عظیم می‌نمایند، اما در واقع بر حسب اثر بلندبرد گرانش کوچک‌اند. هایرلاند می‌گوید: "وقت‌ی دایلد لیندن-یل [4] برای اولین بار مفهوم ظرفیت‌گرمایی منفی را برای سیستم‌های اختریف‌زیک‌ی به کار برد، جامعه‌ی فیزیک می‌پنداشت این فکری معنی است. اما ما ثابت کرده ایم این پدیده واقعی است."

[1] Helmut Haberland

[2] Physical Review Letters **86** 1191

[3] PhysicsWeb

[4] Donald Lynden-Bell