چرا فلزهای براق گسیلنده‌های بدِ تابش هستند؟

رونالد بریان
ترجمه و توضیح : روح‌اله خلیلی بروجنی
khalili@talif.sch.ir

در مجله‌ی فیزیکس تیچر، آوریل ۲۰۰۷ مقاله‌ای کوتاه از **رونالد بریان**، استاد فیزیک دانشگاه A&M تگزاس، آمده است که در آن با ارائه‌ی مدلی کوشیده به این پرسش پاسخ دهد که: «چرا فلزهای براق گسیلنده‌های بدِ تابش هستند؟» پیش از آن‌که ترجمه‌ی این مقاله را بخوانید خوب است ابتدا، جهت یادآوری و برای حضور ذهن بیش‌تر موارد زیر را بخوانید.

● همه‌ی ذره‌های باردار شتابدار بخشی از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی خود را به صورت موجی الکترومغناطیسی که حامل انرژی، تکانه و تکانه‌ی زاویه‌ای است منتشر می‌کنند. این میدان‌های گسیلیده از بار را تابش الکترومغناطیسی (EM) می‌نامند. بسته به این که شتاب ذره‌های باردار به چه صورت باشد، نوع تابش متفاوت است. در یک تقسیم‌بندی کلی، **ذره‌های بارداری که**:

✓ روی مسیری دایره‌ای در حرکتند **تابش سنکروترونی** گسیل می‌کنند.

✓ هنگام عبور از ماده‌ای کُند شوند، **تابش ترمزی** از خود گسیل می‌کنند.

✓ مانند فنر نوسان‌های سینوسی داشته باشند **تابش دو قطبی** گسیل می‌کنند.

✓ به‌طور کاتوره‌ای حرکت کنند، **تابش گرمایی** (یا تابش جسم سیاه) گسیل می‌کنند.

✓ سرعت عبور آن‌ها در یک محیط شفاف بیشتر از سرعت نور در همان محیط باشد، **تابش چرنکوف** گسیل می‌کنند. (برای تولید تابش چرنکوف لازم نیست که ذره‌های باردار حرکت شتابدار داشته باشند).

● همه‌ی جسم‌ها در هر دمایی که باشند، به دلیل نوسان‌های گرمایی خود، انرژی به صورت موج‌های الکترومغناطیسی تابش می‌کنند. هرچند این تابش گرمایی می‌تواند تمام طیف موج‌های EM از موج‌های رادیویی تا موج‌های گاما را دربربگیرد، اما در دماهای کمتر از K ۱۰۰۰ این تابش عمدتاً درناحیه‌ی فروسرخ است، که چشم انسان به آن حساس نیست، طیف این تابش گرمایی پیوسته است.

● آهنگ تابش گرما از جسمی به مساحت A در دمای T (برحسب کلوین) را می‌توان با قانون استفان بولتزمن $\Delta Q / \Delta t = \sigma \varepsilon A T^4$ بیان کرد که در آن σ ثابت فیزیکی بنیادی به نام ثابت استفان بولتزمن، و ε ثابت گسیلندگی جسم است که از صفر تا یک تغییر می‌کند. ثابت گسیلندگی به صافی و ناصافی سطح جسم و رنگ آن بستگی دارد. گسیلندگی، بیانگر این است که تابش انرژی جسم با چه سهولتی انجام می‌شود. سطح‌های تیره و مات و کاواک‌ها بهترین گسیلنده هستند در حالی که سطح‌های صیقلی و براق با رنگ‌های روشن بدترین گسیلنده‌ها هستند. جسمی که گسیلندگی ε آن برابر یک باشد، جذب‌کننده و گسیلنده‌ی کامل تابش است. چنین جسمی را **جسم سیاه** می‌نامند. انرژی گرمایی که از جسم سیاه تابش می‌شود به جنس مواد یا سایر مشخصه‌های آن بستگی ندارد. این موضوع باعث می‌شود که تنها دمای جسم سیاه در تعیین طیف تابش ناشی از آن نقش داشته باشد.

● اجسام تابش‌های گرمایی را از محیط اطراف خود جذب هم می‌کنند. سطح‌هایی که گسیلنده‌های خوبی هستند جذب‌کننده‌های خوبی هم هستند و سطح‌هایی که گسیلنده‌های ضعیفی هستند جذبشان نیز ضعیف است. هر جسم هنگامی با محیط اطراف خود

در حالت تعادل قرار می‌گیرد که مقدار انرژی گرمایی گسیل شده از آن با مقدار انرژی گرمایی که از اطراف جذب می‌کند برابر باشد. اگر انرژی گسیل شده از جسم بیشتر از انرژی جذب شده در آن باشد، جسم سرد می‌شود؛ و چنانچه گسیل انرژی کمتر از جذب انرژی باشد، جسم گرم می‌شود.

در ادامه ترجمه‌ی مقاله را بخوانید.

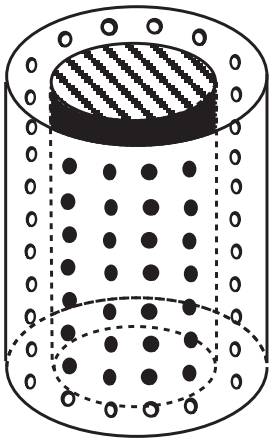
اغلب دانش‌آموزان تعجب می‌کنند چرا فلزهای صیقلی وقتی بسیار براقند گسیلنده‌های بد تابش هستند. در این‌جا مدل ساده‌ای را که به توضیح این تعارض کمک خواهد کرد ارائه می‌کنم.

مبنای این مدل، این واقعیت است که تابش از هر جسم هرگز فراتر از تابش جسم سیاه نمی‌رود. به علاوه، طیف تابشی یک جسم (تابش برحسب طول موج) تقریباً می‌خواهد از همان منحنی جسم سیاه پیروی کند و قله‌ی آن تا نزدیکی قله‌ی جسم سیاه پیش رود. به این ترتیب، به عنوان یک تقریب خام برای طیف تابش جسم، فرض می‌کنم که آن دقیقاً از طیف جسم سیاه پیروی می‌کند ولی با عامل ثابت a که مقداری مثبت و از یک کوچک‌تر است. در این تقریب، می‌توان استوانه‌ای از یک ماده‌ی دلخواه را به صورت استوانه‌ی جسم سیاه تو پری نشان داد که یک استوانه‌ی خارجی نازک کاملاً بازتابنده، که سوراخ‌هایی روی آن وجود دارد، مطابق شکل آن را دربرگرفته است. استوانه‌ی داخلی، جسم سیاهی است که تابش الکترومغناطیسی فرودی را کاملاً جذب می‌کند.

اکنون جسم سیاه را، مثلاً با یک گرماده درونی، گرم می‌کنیم. وقتی جسم سیاه گرم شود بنابر قانون پلانک، تابش EM گسیل می‌کند. چون استوانه‌ی نازک بیرونی سوراخ‌های کوچک بسیاری دارد، تابش EM مستقیماً از این سوراخ‌ها خارج می‌شود. از سوی دیگر، موج‌های EM که از سطح داخلی استوانه‌ی نازک باز می‌تابند مستقیماً به جسم سیاه بازمی‌گردند و توسط آن جذب می‌شوند. بنابراین اگر در دمای T، جسم سیاهِ بدون پوششی مقدار انرژی W بر ثانیه بر مترمربع تابش کند، جسمِ سیاه پوشش‌دار تنها انرژیی به اندازه‌ی aW بر ثانیه برمترمربع تابش می‌کند که در آن a برابر نسبت «سطح کل سوراخ‌ها روی پوشش استوانه‌ای» به «سطح کل پوشش استوانه‌ای با سوراخ‌های روی آن» است.

(در مورد جسم سیاه پوشش‌دار، می‌توانیم مقدار گرمای گسیل شده از گرماده را با نگه داشتن دمای جسم سیاه در T کاهش داد.)

اکنون اگر تابشی از یک چشمه‌ی خارجی به جسم سیاهِ بدون



پوشش فرود آید پس از برخورد به جسم سیاه تمام آن جذب می‌شود ولی اگر جسم سیاه دارای پوشش باشد، تابشی که به پوشش برخورد می‌کند ۱۰۰ درصد باز نمی‌تابد و تنها پرتوهای EM که از سوراخ بگذرند به جسم سیاه می‌رسند. بنابراین، اگر تابش EM فرودی برابر I باشد، تابش جذب شده برابر aI است که a همان عامل، در تعریفی است که بیان شد.

و اکنون چند حالت خاص:

۱) اگر a = ۱ (استوانه‌ی بدون پوشش)، ترکیب جسم سیاه ـ پوشش یک گسیلنده و یک جذب‌کننده‌ی کامل است.

۲) اگر a = ۰ (پوشش بدون سوراخ)، این ترکیب در حالت کلی نه گسیل می‌کند نه تابش.

۳) اگر a = ۰/۰۵ باشد (پوشش با تعدادِ کمی سوراخ، مانند شکل)، این سطح بازتابنده‌ی بسیار خوب و جذب‌کننده و گسیلنده‌ی بسیار بدی است. در نتیجه سطح‌های فلزی صیقلی که بازتابنده‌های خوبی هستند، گسیلنده‌های بدی هستند.

در این‌جا نشان دادیم که جسم یا سطحی که گسیلنده‌ی خوب است، می‌خواهد یک جذب‌کننده‌ی خوب باشد و جسم یا سطحی که یک گسیلنده بدی است می‌خواهد که یک جذب‌کننده‌ی بدی باشد.

منبع:

The Physics Teacher, Vol. 45, April 2007