

مشاهده‌ی نقش پروانه‌ای‌ی هافستادتر در گرافین

حرکت الکترون‌ی که در دُ بعد تحت اثر فقط یک میدان مغناطیسی است، یک بسامد مشخصه دارد که هم ان بسامد سیکلترن است. اگر الکترون در یک شبکه‌ی بلوری‌ی دُ بعدی حرکت کند (متناظر با این که الکترون در یک پتانسیل دُره‌ای حرکت کند) یک بسامد مشخصه‌ی دیگر ساخته میشود که به مشخصات شبکه بسته‌گی دارد. وقت‌ی این دُ عامل (شبکه و میدان مغناطیسی) با هم باشند، این که نسبت این دُ بسامد لزوم‌ن عدد گویا بی با صورت مُخرج کوچک نیست باعث پیچیده‌گی‌ی ساختار ترازها‌ی انرژی میشود، به شکل نقش‌ی که به آن پروانه‌ی هافستادتر [1] میگویند. وجود این پدیده در 1976 پیشبینی شده بود. اما برای مشاهده‌ی این پدیده میدان مغناطیسی باید چنان قوی باشد که بسامد سیکلترن با بسامد مربوط به شبکه قابل مقایسه باشد. این یعنی میدان مغناطیسی باید با $(h q^{-1} a^{-2})$ قابل مقایسه باشد، که h ثابت پلانک [2]، q اندازه‌ی بار الکترون، و a اندازه‌ی یاخته‌ها‌ی شبکه است. اندازه‌ی یاخته‌ها در شبکه‌ها‌ی طبیعی از مرتبه 10^{-10} m است. به این ترتیب میدان مغناطیسی‌ی لازم برای مشاهده‌ی این پدیده از مرتبه‌ی 10^5 T میشود، که ساختن‌ش در آزمایشگاه غیر عملی است.

اندازه‌ی یاخته‌ها‌ی گرافین و بُر نیتريد اندک‌ی با هم متفاوت است. با نشاندن گرافین بر بُر نیتريد یک ساختار شبکه‌ای‌ی جدید درست میشود که اندازه‌ی یاخته‌اش خیل‌ی بزرگتر از مقدار متناظر برای گرافین یا بُر نیتريد است. (عکس اندازه‌ی-ی شبکه‌ی جدید، از مرتبه‌ی عکس اندازه‌ی-ی شبکه‌ها‌ی گرافین و بُر نیتريد است، مثل پدیده‌ی زنش برای دُ بسامد نزدیک به هم.) به این ترتیب میدان مغناطیسی‌ی لازم برای مشاهده‌ی این پدیده کم میشود. با انجام این کار توانسته اند این پدیده را با میدانها بی از مرتبه‌ی چند ده تسلا ببینند [3].

[1] Hofstadter

[2] Planck

[3] <http://physicsworld.com/cws/article/news/2013/may/15/hofstadters-butterfly-spotted-in-graphene>