کنفرانس فیزیک ایران . دانشگاه فردوسی مشهد . شهریور ۱۳۹۴

جایگزیدگی دینامیکی در آرایه دوتایی خمیده از موجبرهای نوری

خاطره جعفری قهفرخی[۱]، مجتبی گلشنی قریه علی[۲]، مهدی خزاعی نژاد قره تکان[۳]

[۱] گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه خوارزمی، تهران
[۲] دانشکده فیزیک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان
[۳] گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

golshani@uk.ac.ir

چکیده

در این مقاله، با محاسبه عددی رابطه پاشندگی و بررسی نحوه تغییر آن با دامنه انحنای موجبرها، به بررسی وقوع جایگزیدگی دینامیکی در آرایه دوتایی خمیده از موجبرهای نوری می پردازیم. نتایج حاصل از این محاسبات نشان می دهد که فروریزش نوارهای انرژی تنها به صورت تقریبی، و در نزدیکی ریشه های تابع بسل مرتبه صفر، به وقوع می پیوندد. بنابراین، برخلاف تک آرایه، امکان وقوع جایگزیدگی دینامیکی و الگوی انتشار تناوبی در این سیستم تنها در طول انتشار کوچک و به صورت یک تقریب وجود دارد.

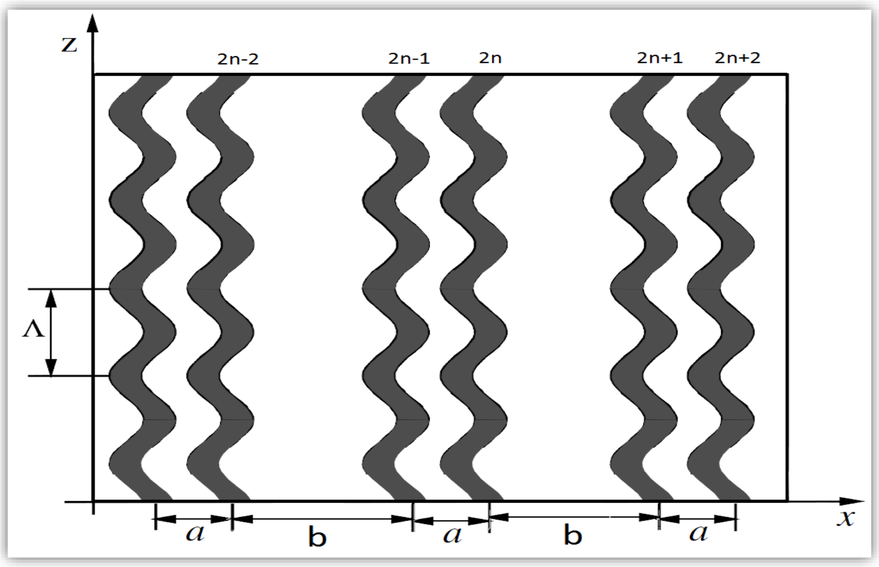
مقدمه

جایگزیدگی دینامیکی یک نمونه قابل توجه از پدیده های انتقال کوانتومی همدوس است که در ابتدا در فیزیک حالت جامد، و در بررسی حرکت الکترون در یک شبکه تحت تاثیر میدان الکتریکی متناوب، مطرح گردید[۱]. اخیرا مشاهده شده است که آرایه ای از موجبرهای نوری دارای خمیدگی متناوب در طول انتشار، یک سیستم آزمایشی ایده آل برای بررسی جایگزیدگی دینامیکی در اپتیک است[۲]. پدیده جایگزیدگی دینامیکی ناشی از فروریزش کامل نوارهای انرژی در آرایه دارای خمیدگی است و به صورت بازگشت تناوبی نور به موجبر ورودی، در طول انتشار (با دوره تناوبی برابر دوره تناوب انحنای موجبر) ظاهر می گردد[۳].

تئوری مسئله

سیستم مورد بررسی آرایه ای دوتایی از موجبرهای نوری یکسان با محور خمیده تناوبی است.

$$i\frac{dE_n}{dz}+C_nE_{n+1}+C_{n-1}E_{n-1}=nf(z)E_n$$



$$E_{2n}=A(z)\exp\left(-ik_xnd-in\int_0^z dz'\ f(z')\right)$$

$$E_{2n-1}=B(z)\exp\left(-ik_x(nd-a)-in\int_0^z dz'\ f(z')\right)$$

$$\begin{pmatrix}A(z)\\B(z)\end{pmatrix}=\exp(iKz)U(z)\begin{pmatrix}A(0)\\B(0)\end{pmatrix}$$

نوارهای انرژی $\beta_\pm(k_x)$ ویژه مقادیر ماتریس ثابت انتشار طولی مرتبه دو است، و تشکیل نماهای فلوکت سیستم را می دهند. با توجه به اینکه ثابت های انتشار $\beta_\pm(k_x)$ نقش معادل انرژی را در یک سیستم الکترونی بازی می کنند، نوارهای انرژی نامیده می شوند[۳].

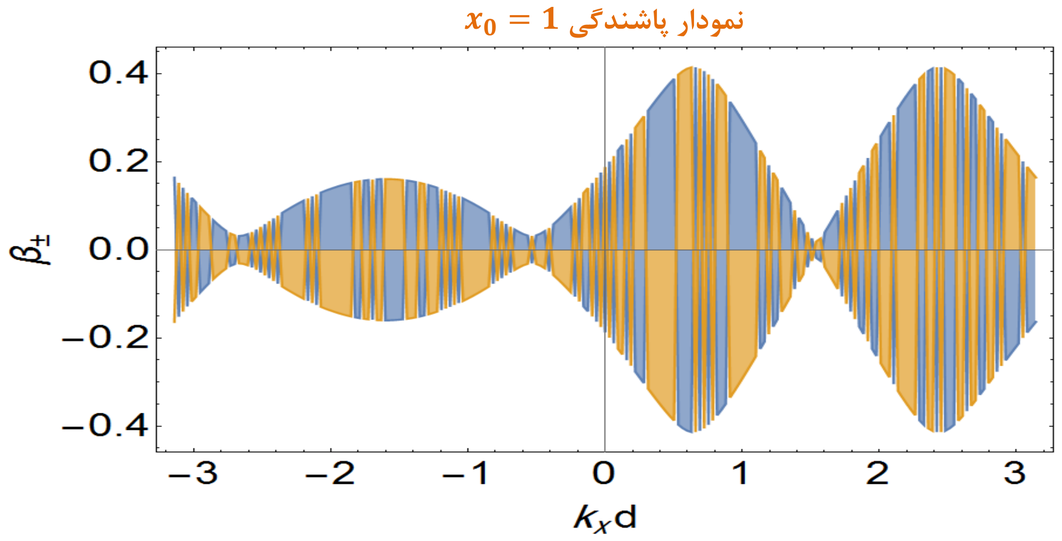
فروریزش نوارهای انرژی $\partial_{k_x}\beta_\pm(k_x)=0$ (یعنی صفر شدن سرعت گروه عرضی) در کل ناحیه بریلوئن ($-\pi\le k_xd\le\pi$)، شرط وقوع جایگزیدگی دینامیکی است.

$$a=b,\ f(z)=x_0\cos\left(\frac{2\pi z}{\Lambda}\right)\ \rightarrow\ \beta(k_x)=-2C_aJ_0\left(\frac{x_0\Lambda}{2\pi}\right)\cos(k_xa)$$

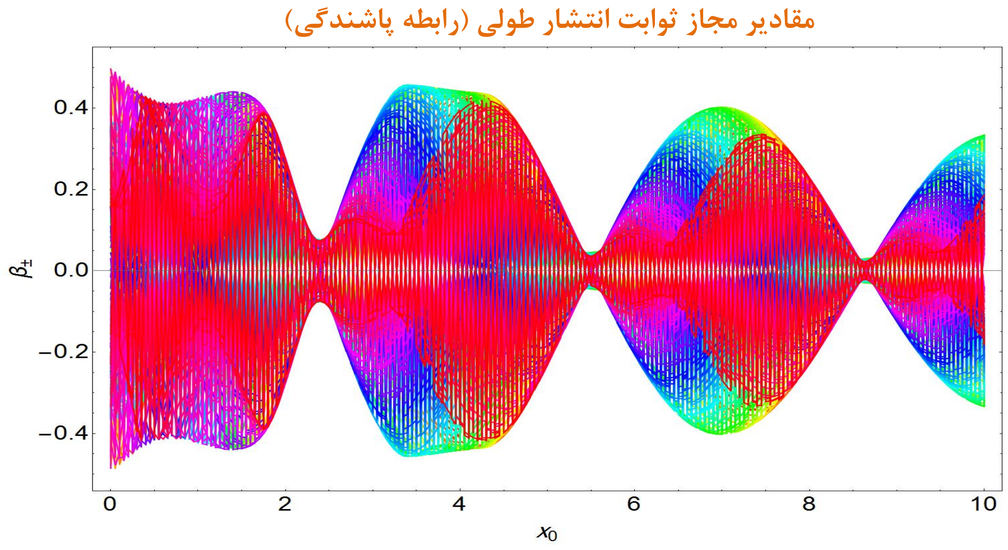
نتایج عددی

$$a=3\lambda,\ b=5\lambda,\ \Lambda=2\pi\lambda,\ f(z)=x_0\sin\left(z/\lambda\right)$$

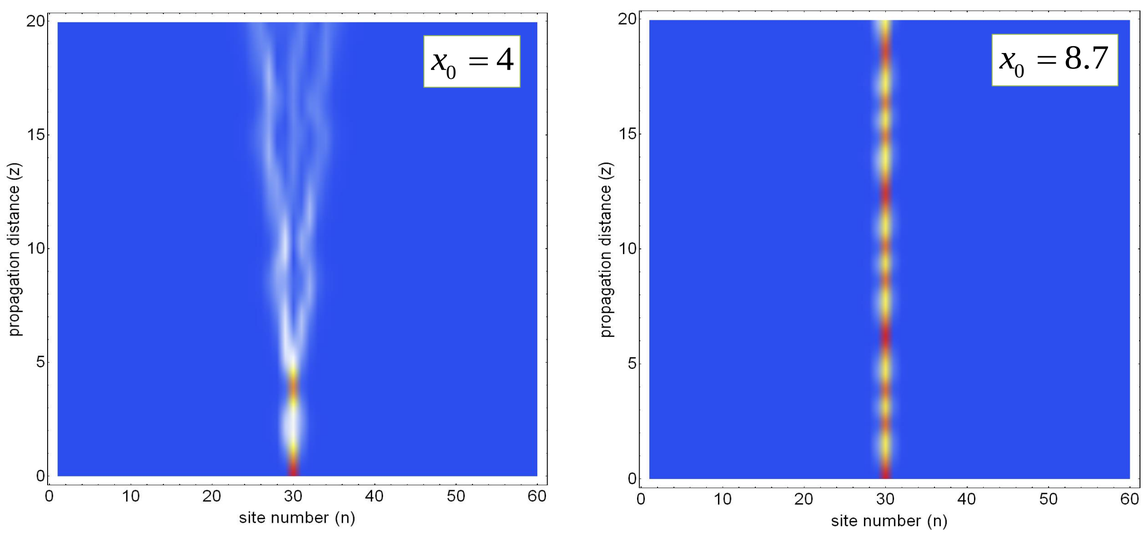
نمودار پاشندگی $x_0=1$



مقادیر مجاز ثوابت انتشار طولی (رابطه پاشندگی)



الگوی انتشار شدت



نتیجه گیری

- برخلاف تک آرایه خمیده موجبرها (a=b) که می تواند در مقادیر دامنه انحنای نزدیک ریشه های تابع بسل جایگزیدگی دینامیکی را به صورت کامل تجربه کند، فروریزش نوارهای انرژی در آرایه دوتایی از موجبرهای نوری تنها به صورت تقریبی رخ می دهد.
- پهنای نوار انرژی در مقادیر بزرگتر ریشه های تابع بسل بسیار کوچک است.
- جایگزیدگی دینامیکی تنها به صورت یک تقریب و در طول انتشار کوچک برقرار است، و با افزایش طول انتشار الگوی شدت شکل تناوبی خود را از دست می دهد.

منابع

[1] D. H. Dunlap and V. M. Kenkre; Phys. Rev. B 34 (1986) 3625.
[2] I. L. Garanovich et al; Physics Reports 518 (2012) 1.
[3] S. Longhi and K. Staliunas; Optics Communications 281 (2008) 4343.
[4] Christopher A. Klausmeier; Theor Ecol 1 (2008) 153