



بررسی نهشت انرژی در محیط شبه پلاسمای شبیه سازی شده توسط کد MCNPX ۲,۶,۰

به ازای مکان های مختلف قرار گرفتن باریکه شتاب داده شده پروتونی

سید مهدی، تیموری سندسی؛ عباس، قاسمی زاد*؛ سید محسن، تقی زاده

دانشگاه گیلان، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده

در این کار، نهشت انرژی را در یک قرص ICF با دوتریوم و تریتیوم ۵۰ درصد و در محیطی با تحول زمانی دما، و چگالی پلاسمای نوعی، برای آرایش های مختلف قرار گرفتن باریکه های پروتونی راه انداز که تا 100 MeV شتاب داده شده اند، در نظر گرفتیم. باریکه ها، در پنج آرایش با تعداد مختلف باریکه بر روی فواصل متفاوتی از محورهای مختصات - که شرح آن به تفصیل در متن مقاله آمده است - قرار گرفتند و به سوی هدف فرستاده شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که در آرایش ۶ باریکه در دو سوی محورهای مختصات، کمترین و در آرایش دو باریکه در دو سوی محور Z، بیشترین مقدار انرژی در سلول به نهشت گذاشته می شود.

کلیدواژه: باریکه پروتونی، پلاسما، قرص ICF، کد MCNPX ۲,۶,۰.

مقدمه

رشد جمعیت بشر و نیاز روزافزون به منابع انرژی و جوابگو نبودن انرژی های فسیلی، همچنین آلودگی های ناشی از این سوخت ها، بشر را به فکر استفاده از منابع دیگر انرژی انداخت. انرژی های بادی و آبی نیز به دلیل بازده کم اقتصادی، عملاً قابلیت زیادی برای تأمین این مقدار انرژی نخواهند داشت.

کشف شکافت هسته ای توسط هان و اشتراسمن و سپس به کارگیری این انرژی با ساخت اولین پیل هسته ای توسط فرمی، یکی از بزرگترین پیشرفت های بشر در این زمینه در عصر حاضر بود. اما آلودگی های ناشی از آن و مباحث مربوط به ایمنی هسته ای و نیز مشکلات ناشی از تأمین سوخت و غنی سازی، راه را برای تفکر بر سر دیگر انواع انرژی باز کرد.

گداخت یا همجوشی هسته ای که ایده اولیه آن توسط بته و همزمان با کشف شکافت مطرح شد از جهت فراوانی سوخت و نداشتن آلودگی های مانند شکافت، می تواند راه حلی مناسب برای مشکلات ناشی از شکافت باشد، لیکن بهره انرژی ناشی از همجوشی، بازده عملی را برای رسیدن به توان یک راکتور قدرت، در حال حاضر فراهم نمی کند. از این رو، دانشمندان به فکر تأمین این بازده و رسیدن به توان راکتور قدرت، برای تأمین انرژی از گداخت هسته ای افتادند.

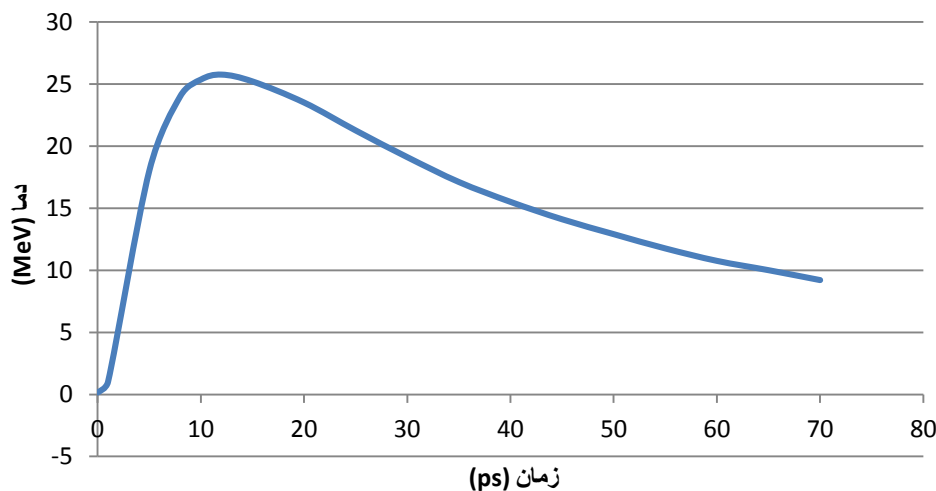
دو نوع متداول مورد استفاده برای همجوشی هسته ای، محصورشدگی لختی و محصورشدگی مغناطیسی می باشد. در محصورشدگی لختی (اینرسی)، ساچمه سوخت کروی، از سوخت دوتریوم و تریتیوم با چگالی بالا پر می شود و اطراف آن را با موادی لایه نشانی می کنند. سپس این قرص را با راه انداز که می تواند لیزر یا باریکه های یونی باشد مورد هدف قرار می دهند. در اثر تاباندن این باریکه، لایه نشانی های دور ساچمه

جدا شده و طبق قانون سوم نیوتن، یک فشار داخلی به ساچمه سوخت وارد می شود که انرژی و دمای بالایی را در سوخت القا می کند و با چگالی بالایی که قرص سوخت دارد، عملاً شرایط برای وقوع همجوشی آماده می گردد. هرچه باریکه ها با تعداد و تقارن بیشتر، به هدف تابانده شود، معمولاً بهره بالاتری به دست خواهد آمد. [۱]

همچنین نبود امکانات و شرایط برای داده گیری از فرآیندهای هسته ای به صورت آزمایشگاهی، موجب توسعه کدهای محاسباتی گردید. کد محاسباتی MCNP که در لابراتوار ملی لوس آلاموس آمریکا تهیه گردید، یکی از مهمترین و پرکاربردترین کدهای محاسباتی برای شبیه سازی هندسه مسأله های مختلف و ترابرد ذرات و داده گیری های مختلف می باشد. نسخه ۲,۶,۰ این کد که از ترکیب نسخه ۲,۵,۰ و CINDER۹۰ به وجود آمده، امکان ترابرد تمام ذرات بنیادی و پادذرات و نیز باریکه های یونی را فراهم آورده است [۲]. همچنین ترکیب نسخه های قدیمی این کد با کد ترابرد انرژی های بالای لوس آلاموس LAHET، امکان قرار دادن باریکه های شتاب داده شده را نیز فراهم آورده است. [۳, ۴]

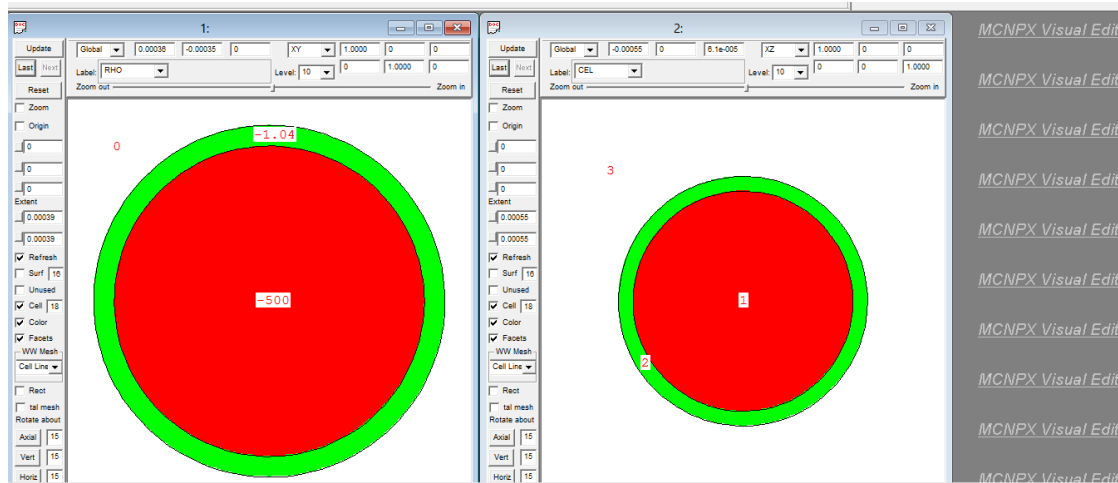
داده ها و اندازه گیری

در این مقاله، ما با معرفی یک کره به شعاع ۳ میکرومتر، به عنوان قرص سوخت، که داخل آن را با دوتریوم و تریتیوم به نسبت مساوی و با چگالی 500 g.cm^{-3} پر کرده و تحول زمانی آن را بر اساس سوختن یک سوخت همجوشی (که نمودار آن در شکل ۱ آمده است) قرار دادیم و نیز با توجه به نحوه چینش اتم ها در سلول، تا حد زیادی یک محیط همجوشی لختی را شبیه سازی کرده ایم. [۵]



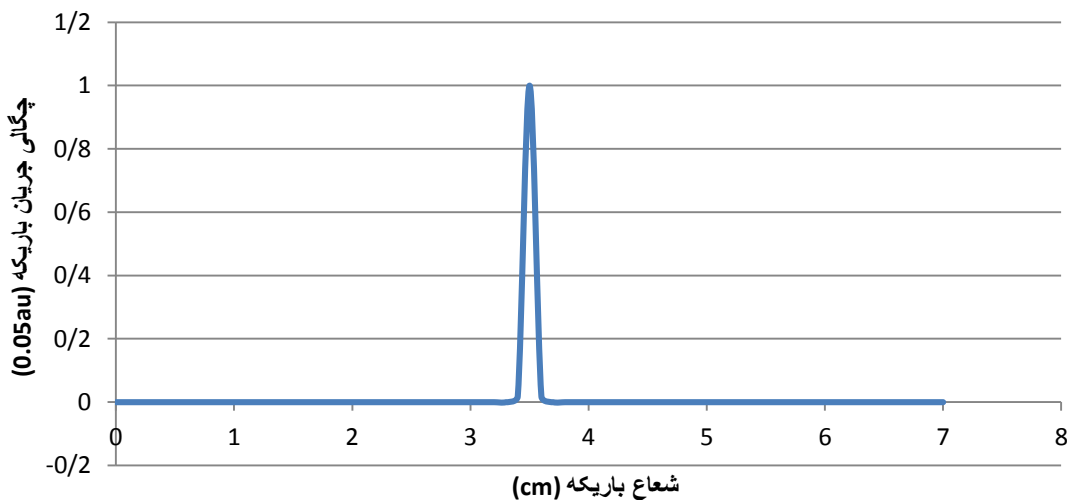
شکل ۱: نمودار تحول زمانی دما در قرص ICF

در کره اطراف سوخت نمونه ای از پلی اتیلن با چگالی $1/04 \text{ g.cm}^{-3}$ استفاده کردیم [۶]. فضای دور ساچمه را فضای خالی در بر می گیرد. نمایی از هندسه سوخت، که با رسام گرافیکی MCNP [۷]، نگاشته شده، در شکل ۲ نشان داده شده است. بر طبق شکل، ساچمه در دو سطح مقطع XY و XZ برش داده شده است. بر روی تصویر نیز شماره سلول ها و چگالی مواد به کار رفته در این سلول ها مشخص گردیده است.



شکل ۲: برش XY و XZ از ساچمه سوخت

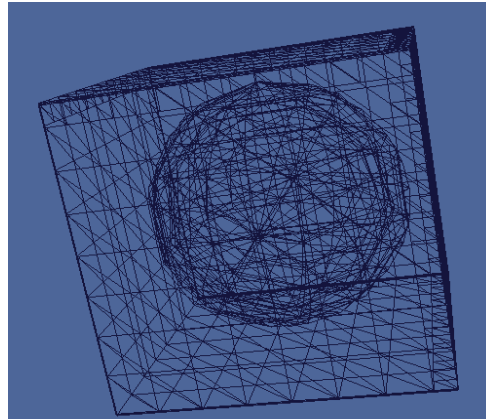
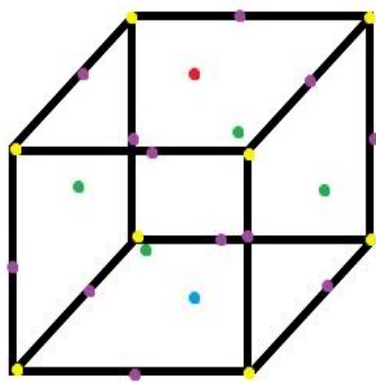
برای راه انداز از باریکه پروتونی که تا 100 MeV شتاب داده شده است استفاده گردیده است که به صورت پالسی و با واریانس بسیار کم، همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، بر روی هدف فرود می آید.



شکل ۳: توزیع پالسی شکل باریکه پروتونی



در این مقاله، نهشت انرژی را برای حالت های مختلف قرار گرفتن باریکه یونی در نظر گرفتیم. حالت های مختلف قرار گرفتن باریکه در شکل ۴ نشان داده شده است. در شکل ۴-الف و در یک دید سه بعدی، نمایی از ساچمه سوخت نشان داده شده است. مکعب اطراف کره محتوی سوخت، مکان های مختلف قرار گرفتن باریکه های یونی است که به صورت مشخص در شکل ۴-ب نشان داده شده است.



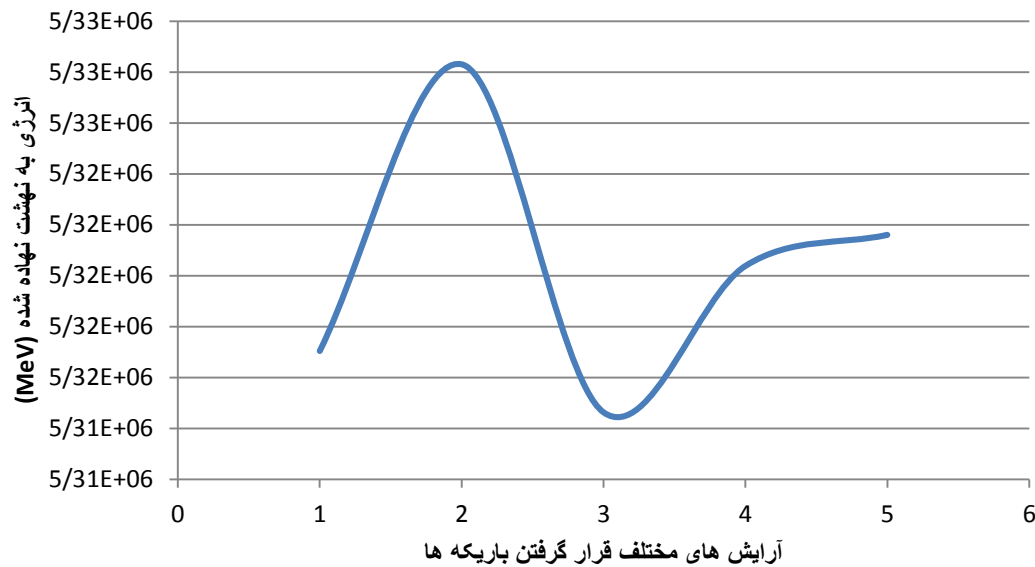
شکل ۴-الف: ساچمه سوخت و مکان های مختلف قرار گرفتن باریکه در یک نمای سه بعدی
شکل ۴-ب: مکان های مختلف قرار گرفتن باریکه پروتونی

نقطه قرمز مکان قرار گرفتن اولین آرایش باریکه است که تنها یک باریکه در سوی مثبت محور Z ها جایگزیده شده است. نقطه آبی رنگ حالت دوم قرار گرفتن باریکه هاست که به همراه چشمه قرمز رنگ، قرار گرفتن باریکه ها در دو سوی محور Z ها را نشان می دهد. در آرایش بعدی که بر روی شکل با نقاط سبز رنگ نشان داده شده است، دو سوی محورهای X و Y نیز به مکان قرار گرفتن باریکه های قبل اضافه گردید. در حالت چهارم، مکان قرار گرفتن باریکه ها بر روی وسط اضلاع مکعب نیز مورد بررسی قرار گرفت. کل حالات اضافه شده در آرایش چهارم، ۱۲ حالت می باشد که با رنگ بنفش در شکل نشان داده شده است و در نهایت در آخرین آرایش که با نقاط زرد رنگ نشان داده شده است، باریکه ها بر روی رئوس مکعب، یعنی نقاطی که فاصله آن از مبدأ مختصات در هر یک از محورهای مختصات ۴ میکرومتر است، قرار داده شدند. شایان ذکر است که مبدأ مختصات، دقیقاً بر روی مرکز کره سوخت می باشد که مرکز مربع نیز در همان نقطه قرار دارد.

نتایج به دست آمده

پس از قراردادن اعداد و شبیه سازی هندسه، برنامه با $nps=10000000$ اجرا گردید.

نتایج به دست آمده به صورت نموداری در شکل ۵ نشان داده شده است. محور افقی شماره مربوط به آرایش های مختلف می باشد - که در قسمت قبل به تفصیل بیان شد- و محور عمودی میزان انرژی به نهشت نهاده شده در سلول را نشان می دهد.



شکل ۵: مقادیر به دست آمده برای انرژی به نهشت نهاده شده در سلول سوخت به ازای آرایش های مختلف قرار گرفتن باریکه

نتیجه گیری

در نتیجه می توان گفت برای یک محیط شبه پلاسما که تحول زمانی دما، و نیز چگالی و نحوه قرار گرفتن اتم ها در آن، نماینده یک محیط پلاسمایی می باشد، کمترین مقدار انرژی به نهشت نهاده شده در سلول در آرایش نوع سوم، یعنی در حالتی که ۶ باریکه در دو سوی مختلف محورهای X و Y و Z قرار دارند، و بیشترین میزان انرژی به نهشت نهاده شده در آرایش دوم می باشد که در این آرایش، تنها دو چشمه در دو سوی محور Z قرار دارد. علت این مورد را نیز احتمالاً می توان در رابطه بین تقارن ها و نحوه قرار گرفتن باریکه ها و نیز در پیدایش ناپایداری ها بررسی کرد.

مراجع

[۱] L. Gholamzadeh, A. Ghasemizad and Sh. Ghaseminejad; "Investigation of Energy Deposition and Irradiation Non-Uniformity of Lead Heavy Ion Beam in Two Different Target Structures"; *JOURNAL of THEORETICAL and APPLIED PHYSICS (JTAPhys)* ۴, No.۴ (۲۰۱۱) ۲۹-۳۸.

[۲] J. S. Hendricks et al.; "MCNPX ۲,۶,۰ Extensions"; *Los Alamos National Laboratory report*; LA-UR-۰۸-۲۲۱۶, (۲۰۰۸).



[۳] MCNPXTM User's Manual Version ۲,۵,۰; *Los Alamos National Laboratory Report*; LA-CP-

۰۵-۰۳۶۹, (۲۰۰۵).

[۴] T. E. Valentine et al.; "*Coupling of MCNP-DSP and LAHET codes for designing subcritical monitors for accelerator driven systems*"; *Proc. Monte-Carlo Conference, Springer Verlag, Lisbon, Portugal* (۲۰۰۰).

[۵] S. Pfalzner; "*An Introduction to Inertial Confinement Fusion*"; *Taylor and Francis Group* (۲۰۰۶) ۲۴۴.

[۶] D. Harding, F.Y. Tsai, and R.Q. Gram; "*The properties of polyimide targets*"; *LLE Review* ۹۲, (۱۹۹۶) ۱۶۷-۱۸۰.

[۷] A. L. Schwarz, R. A. Schwarz and L. L. Carter; "*MCNP/MCNPX Visual Editor Computer Code Manual*"; (۲۰۰۸).