

Primerjava dveh metod za simulacijo DT generatorja nevtronov na osnovi pospeševalnika

. . .

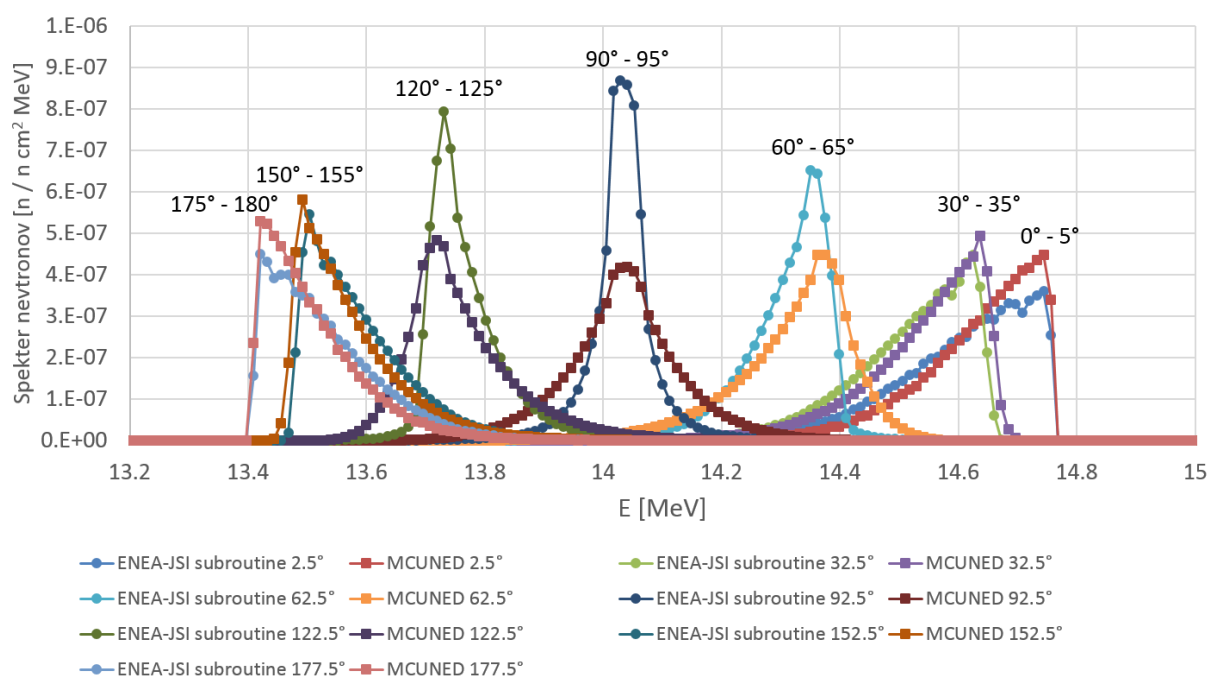
Aljaž Čufar

Zaradi največjega preseka pri najnižjih energijah, je za fuzijo kot vir energije, od vseh reakcij zlivanja jeder, najbolj obetavno zlivanje jeder devterija in tritija (reakcija DT), pri kateri nastaneta helijevo jedro in nevtron. Tako nastali nevtroni pa imajo zaradi drugačnega mehanizma nastanka bistveno drugačen spekter kot nevtroni, ki nastanejo pri reakcijah cepitve jeder. Ker so preseki za reakcije z nevtroni močno odvisni od energije nevtronov, je pomembno, da so materiali testirani z nevtroni, ki imajo takšne energije, kakor so prisotne v aplikacijah, za katere so namenjeni, torej v primeru zlivanja jeder devterija in tritija kar v spektru DT. En izmed tehnično enostavnejših načinov za pridobivanje nevtronov s spektrom primernim za DT aplikacije je, da tarčo, na kateri se nahaja tritij, obstreljujemo z jedri devterija, ki jih do primernih energij pospešimo s pospeševalnikom. Ker ima presek za DT reakcijo vrh pri okoli 100 keV, se tipično uporablja pospeševanje devterijevih ionov do energij od 100 keV do 300 keV. Pri aplikacijah, kjer želimo pridobiti veliko nevtronov, se običajno uporabljajo višje energije (tipično do 300 keV), tako namreč dobimo več reakcij tudi nekoliko globlje v tarči, kjer imajo zaradi upočasnjevanja devteroni nižje energije, devteroni z nižjimi energijami pa se uporabljajo v aplikacijah, kjer je pomembno čim manjše segrevanje tarče in čim manjši delež nevtronov nastalih v reakciji DD, ki ima vrh pri višjih energijah.

Lastnost DT izvora na osnovi pospeševalnika, ki se bistveno razlikuje od fisijskega izvora ali od plazemskega izvora, je anizotropija tako po fluksu, kot po energijah, do katere pride zaradi potrebe po ohranitvi gibalne količine pri DT reakciji. Ker devterijeva jedra, zaradi pospeševanja s pomočjo pospeševalnika, tik pred DT reakcijo pretežno potujejo v smeri, ki jo narekuje pospeševalnik, se namreč težiščni sistem premika v isto smer, saj jedra tritija (glede na premikanje devterija) mirujejo. Ker je reakcija v težiščnem sistemu izotropna, zaradi premikanja tega sistema glede na laboratorijski sistem pride do anizotropije.

Kot v mnogih drugih aplikacijah tudi pri eksperimentih z DT izvori na osnovi pospeševalnika obstaja močna potreba po zanesljivih simulacijah teh izvorov. Zanesljive simulacije namreč omogočajo varnejšo in učinkovitejšo izvedbo meritev, poleg tega pa tudi določitev količin, ki jih ni mogoče direktno meriti. Obstaja več programov, ki omogočajo simulacije takih izvorov nevtronov, med njimi pa so tudi nekatere bistvene razlike v načinih delovanja. Predstavljena je bila primerjava rezultatov dveh kod: MCUNED (P. Sauvan, 2010) – razširitev programa MCNPX, da ta lahko bere knjižnice jedrskih podatkov za lahke ione in s tem omogoči simulacijo DT izvorov nevtronov v različnih konfiguracijah, ter subroutine ENEA-JSI (A. Milocco, 2008), ki kodi MCNP/MCNPX dodaja možnost simuliranja DT (in DD) izvora na osnovi pospeševalnika. V obeh primerih po njihovem nastanku za transport nevtronov poskrbi dobro verificirana koda MCNP/MCNPX.

Naredil sem nekaj primerjav rezultatov dobljenih z obema metodama in predstavil nekaj



Slika 9.1: Spekter nevtronov za nekaj različnih kotov. Razlike med rezultati različnih programov so opazne predvsem pri kotih okrog 90° . Vidimo tudi različno obnašanje oblike vrhov v odvisnosti od kota, saj se pri ENEA-JSI vrhovi od 0° do 90° ter od 180° do 90° ožajo, pri MCUNED pa razširjajo.

rezultatov, kjer kodi v nekaterih pogledih producirata zelo podobne rezultate, v drugih pa precej različne. Med tem ko sta npr. kotni odvisnosti fluksa za obe kodi zelo podobni, pride do pomembnih razhajanj pri kotni odvisnosti spektra, kot je razvidno na sliki 9.1.

Omenil sem tudi aplikaciji za kateri trenutno uporabljamo ti dve kodi, to je predvsem za simuliranje generatorja nevtronov, ki bo uporabljen za računsko podporo eksperimentalni kalibraciji fuzijskega reaktorja JET z DT generatorjem nevtronov in primerjavo izračunov narejenih z obema metodama z eksperimenti v bazi SINBAD. Pri računski podpori DT kalibracije tokamaka JET bomo simulirali DT generator nevtronov na različnih mestih v napravi. Pri tem bomo računali odziv detektorjev nevtronov, predvsem fisijskih celic in aktivacijskega sistema, v odvisnosti od položaja ter vpliv, ki ga bo imelo dejstvo, da bo med meritvami za kalibracijo eksperimentalna postavitve netipična, na odziv teh detektorjev. Bazo eksperimentov SINBAD pa bomo uporabili za testiranje programov, izračune narejene z različnimi programi bomo namreč primerjali z eksperimenti in tako skušali ugotoviti, kateri program natančneje reproducira meritve.

...

Literatura

- A. Milocco, A. T. (2008). Modelling of the production of source neutrons from low-voltage accelerated deuterons on titanium-tritium targets. *Science and Technology of Nuclear Installations*, 2008. doi:10.1155/2008/340282
- P. Sauvan, F. O., J. Sanz. (2010). New capabilities for Monte Carlo simulation of deuteron transport and secondary products generation. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 614, 323–330. Pridobljeno <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168900209024255>