

Računalne simulacije nuklearnih reakcija s tri jezgre u izlaznom kanalu

Niko Jurlina, Prirodoslovno-matematički fakultet
u Zagrebu

Mentor: dr.sc. Neven Soić, Institut Ruđer
Bošković

Motivacija

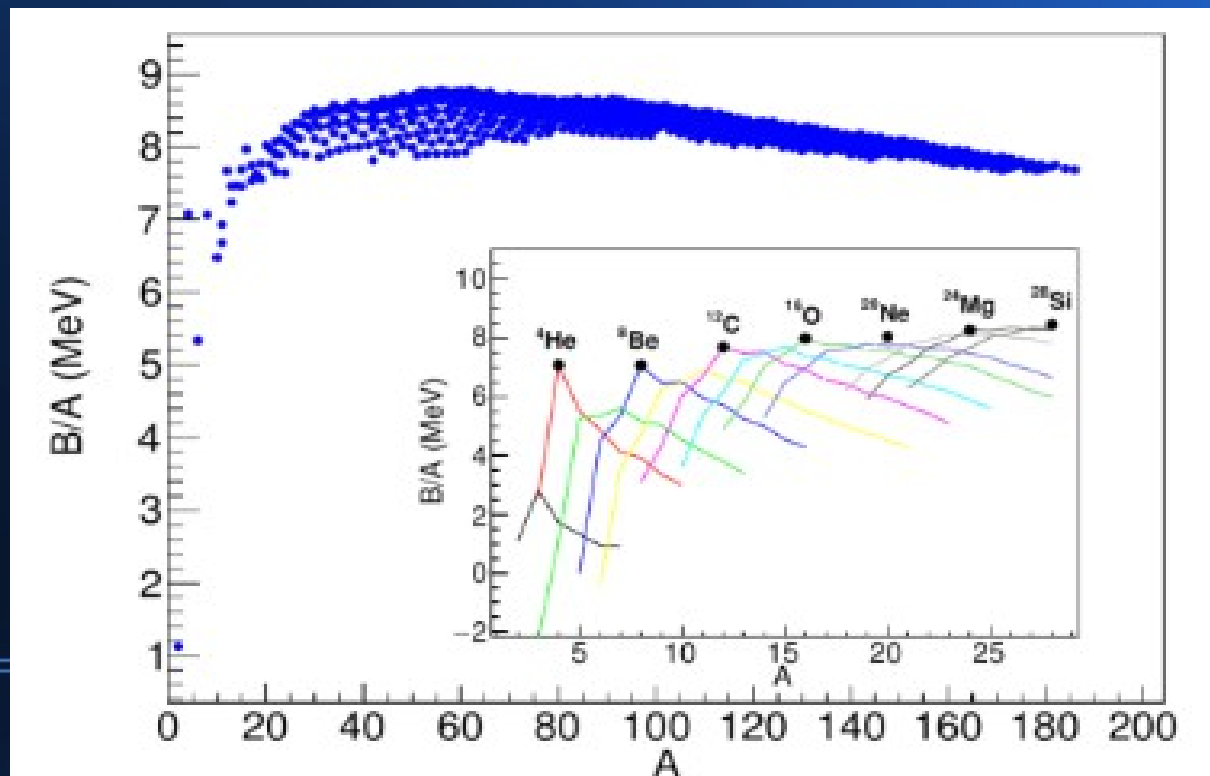
- Proučavanje klasterskog fenomena u jezgrama
- Proučavanje neutronske bogatih jezgara
- Promatranje molekularne strukture unutar jezgre
- Optimizacija eksperimenta

Sadržaj

- Uvod
 - Klusterske strukture, model ljusaka, klusterski model, IKEDA dijagram, metode proučavanja klusterskih struktura, slučaj ugljika-16
- Eksperiment
 - Ideja, reakcija, kanali raspada, detektori
- Analiza
 - Kinematika, detekcija, efikasnost detekcije, fizikalna analiza

Energija vezanja

- Velika energija vezanja za magične jezgre dovodi do pojave klusterskih struktura
- Nesmetano gibanje klastera unutar jezgre, visoka energija prvog pobuđenog stanja



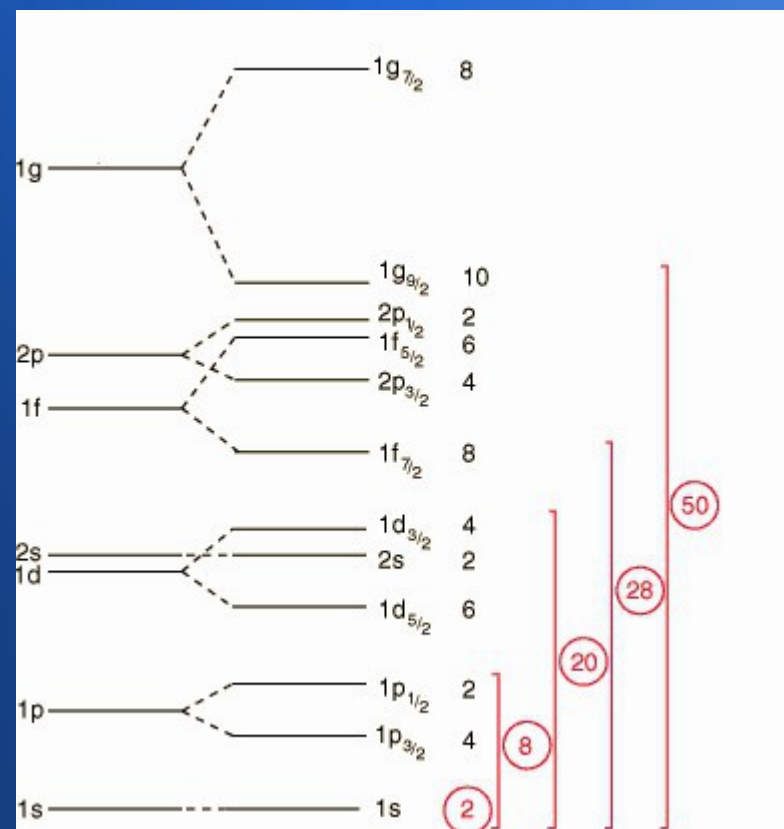
Model ljusaka

- Neovisno gibanje nukleona u srednjem nuklearnom potencijalu
- Dobro opisuje stabilne i sferične jezgre, posebno jezgre s magičnim brojem nukleona (2, 8, 20, 28, 50, ...)

- Woods-Saxon potencijal

$$V(r) = -V_0 \left(1 + e^{\frac{r-R_0}{a}} \right)^{-1}$$

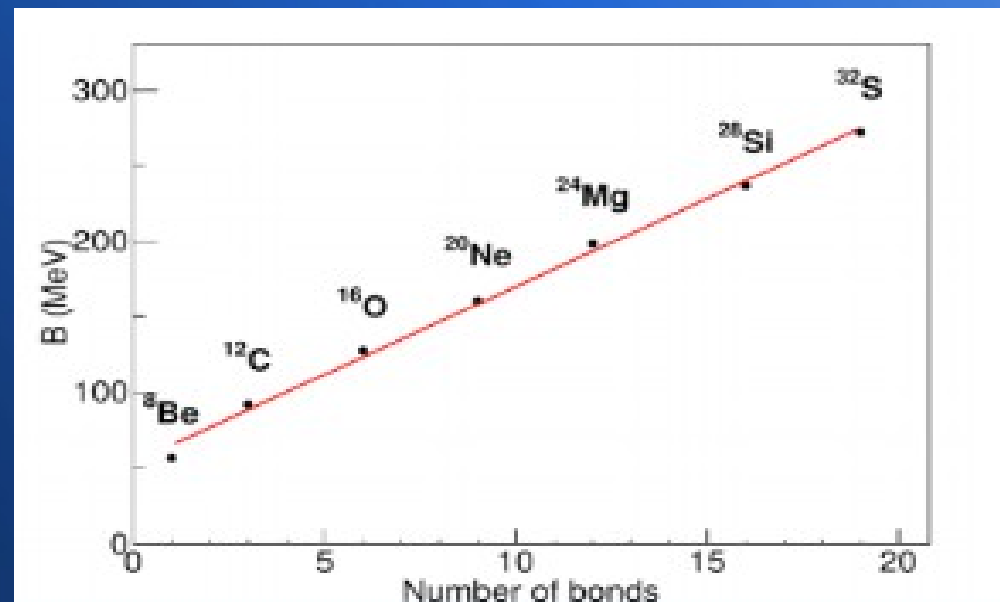
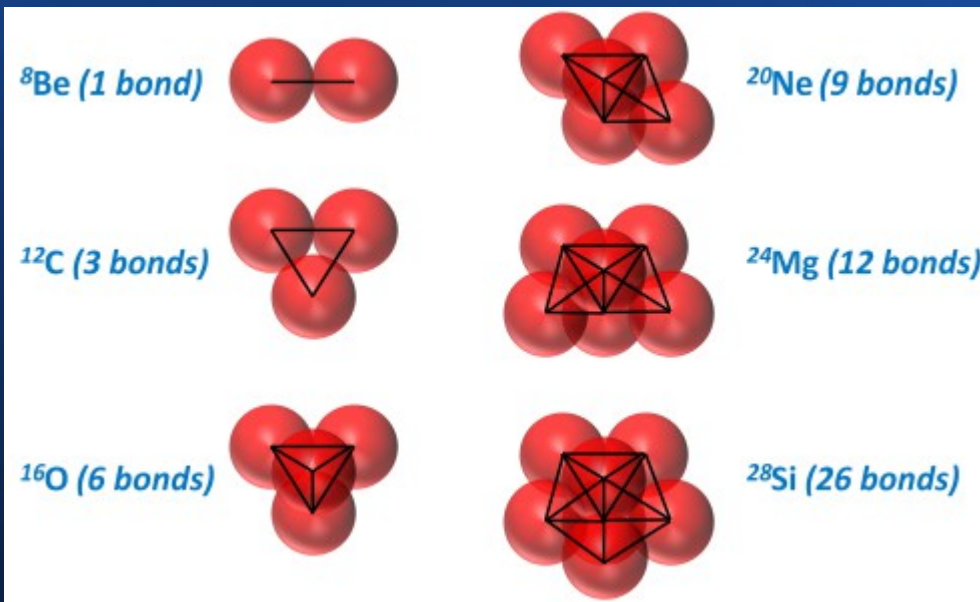
$$V(r) = V_{W-S}(r) + V_{so}(r) \vec{l} \cdot \vec{s}$$



Klasterski model

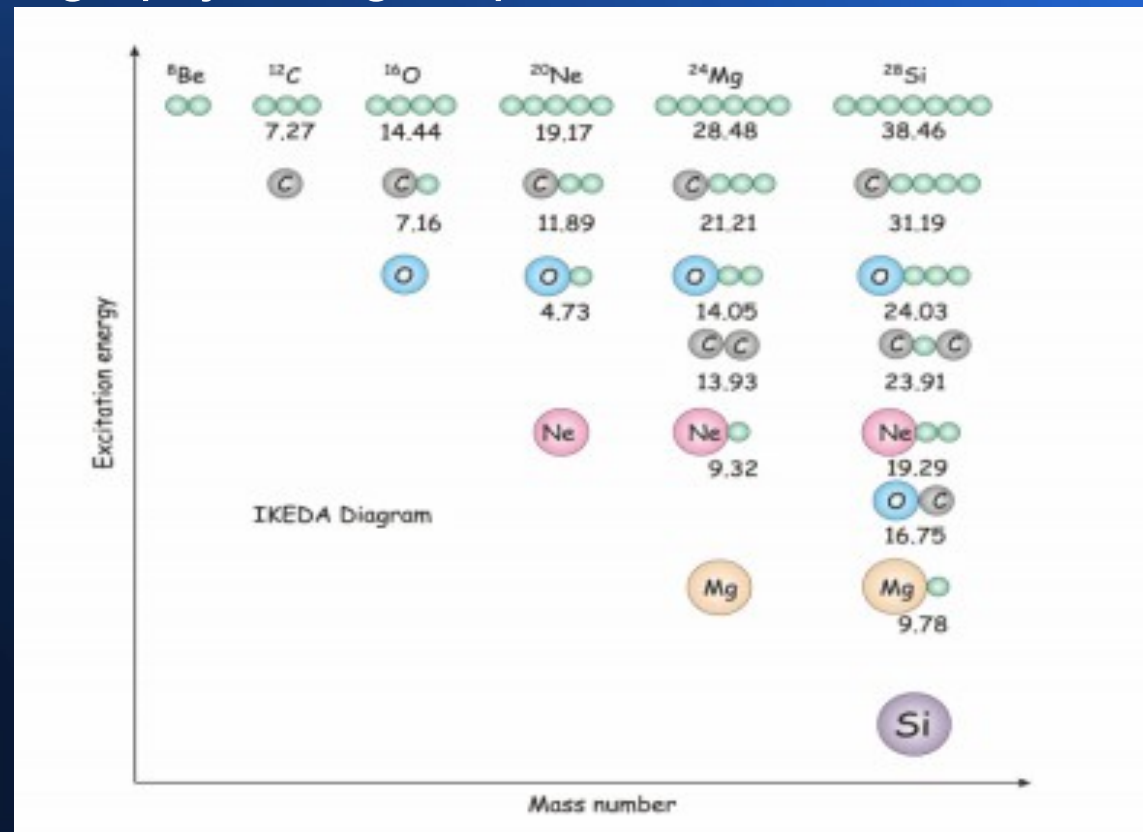
- Zbog Paulijevog načela isključenja nukleoni iste vrste grupiraju se u parove sa suprotno orijentiranim spinovima
- Alfa čestica, odnosno jezgra helija ima najveću energiju vezanja među lakim jezgrama
- Alfa-konjugiranje jezgre su vrlo stabilne
- Molekulske strukture, neutronska koža, neutronske halo

- 1930-ih Hafstad i Teller pretpostavljaju postojanje linearne ovisnosti između broja veza među alfa klasterima u jezgri i energije vezanja jezgara (L. Hafstad, E. Teller, Phys. Rev. 54, 681(1938))



IKEDA diagram

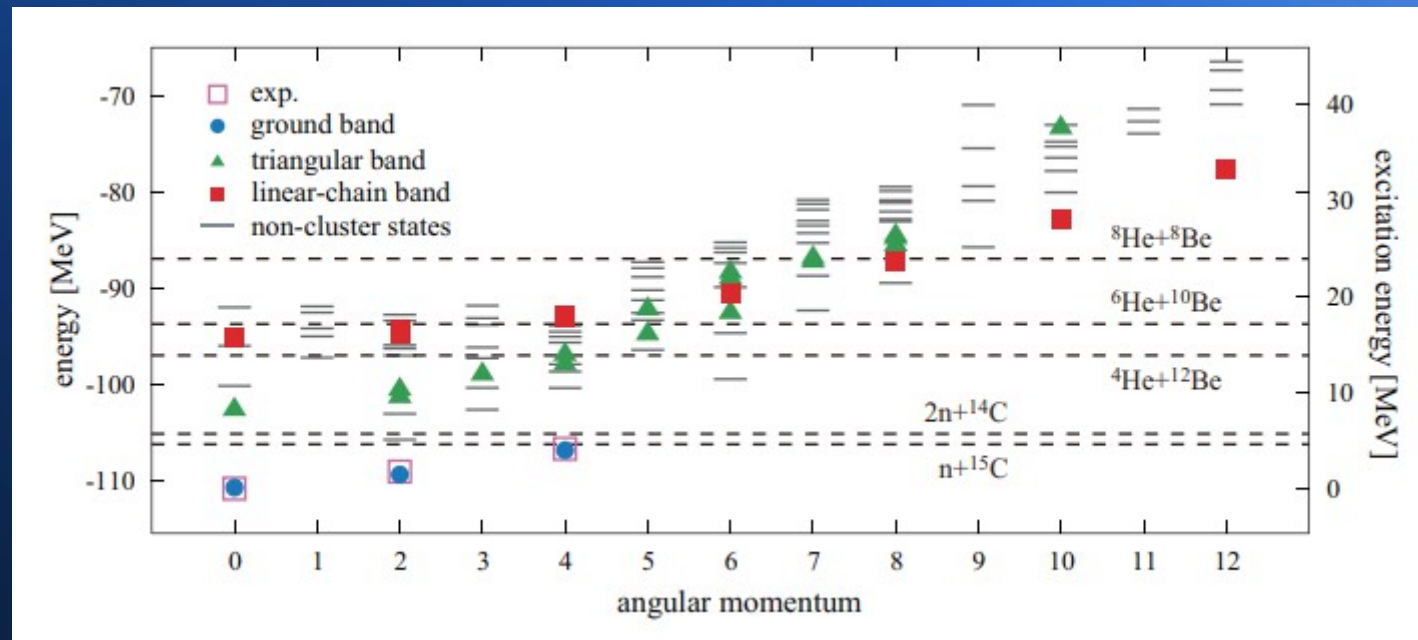
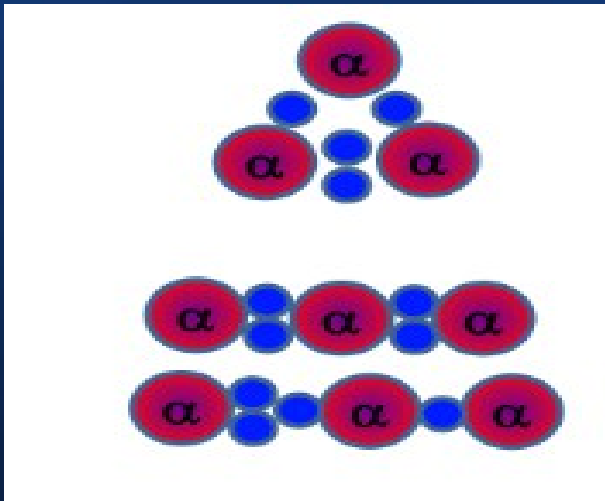
- Ilustrirani prikaz klsterskog fenomena kako se energija pobuđenja približava pragu pojedinog raspada



Tehnike proučavanja klusterskog fenomena

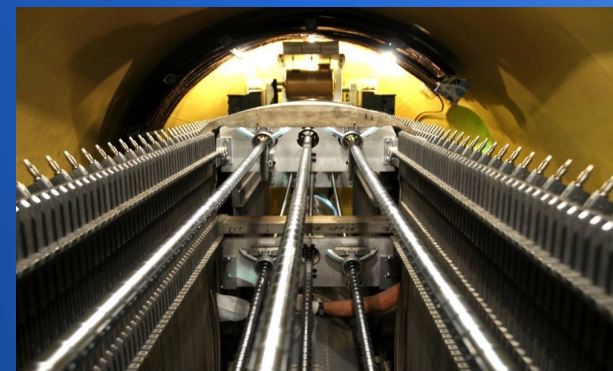
- Reakcije složene jezgre
 - Spajanje projektila i mete te izmjena energije, zatim izbacivanje odlaznog produkta
- Direktne i rezonantne reakcije
 - Više koraka, pobuđenje jezgre ili prijenos jednog ili više nukleona (ili oboje)
 - Spektroskopijska (energija pobuđenja, spin, izospin, paritet, spektroskopski faktori)

- Višak neutrona, pojava molekulskih struktura (trokutaste, strukture linearnog lanca)
- Eksperimentalno jako malo podataka za takva stanja



Eksperiment

- Ideja: izrada simulacija za optimizaciju eksperimenta
- Eksperiment se odrađuje na institutu INFN-LNS u Cataniji

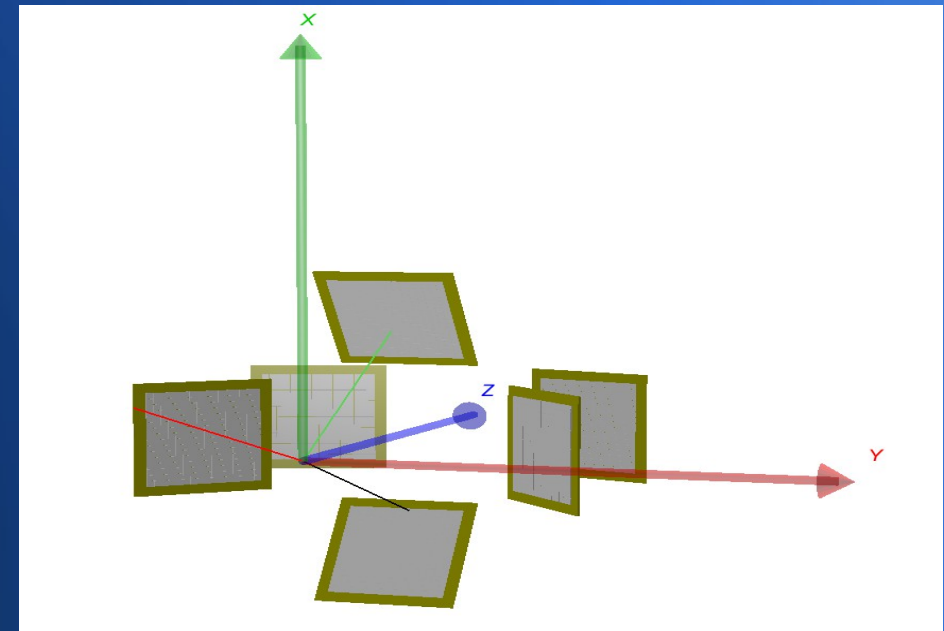
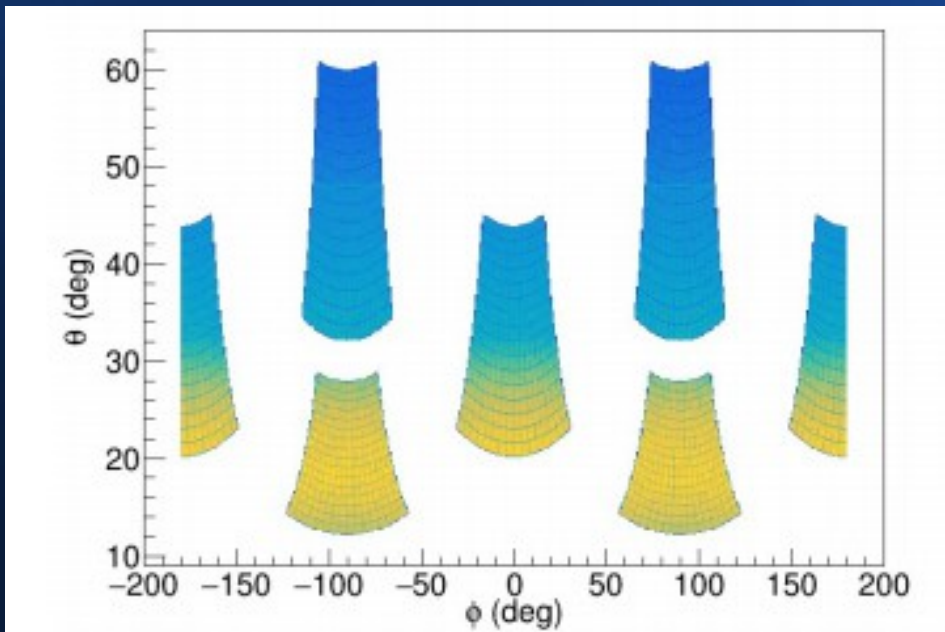


- Očekivana produkcija pobuđenog stanja jezgre ugljika-16 će se raditi u reakcijama na meti litija-7 koja će se bombardirati snopom berilija-10 energije 57 MeV-a
- Mali udarni presjek za reakcije kojima se stvaraju pobuđena stanja klusterske strukture



Detektori

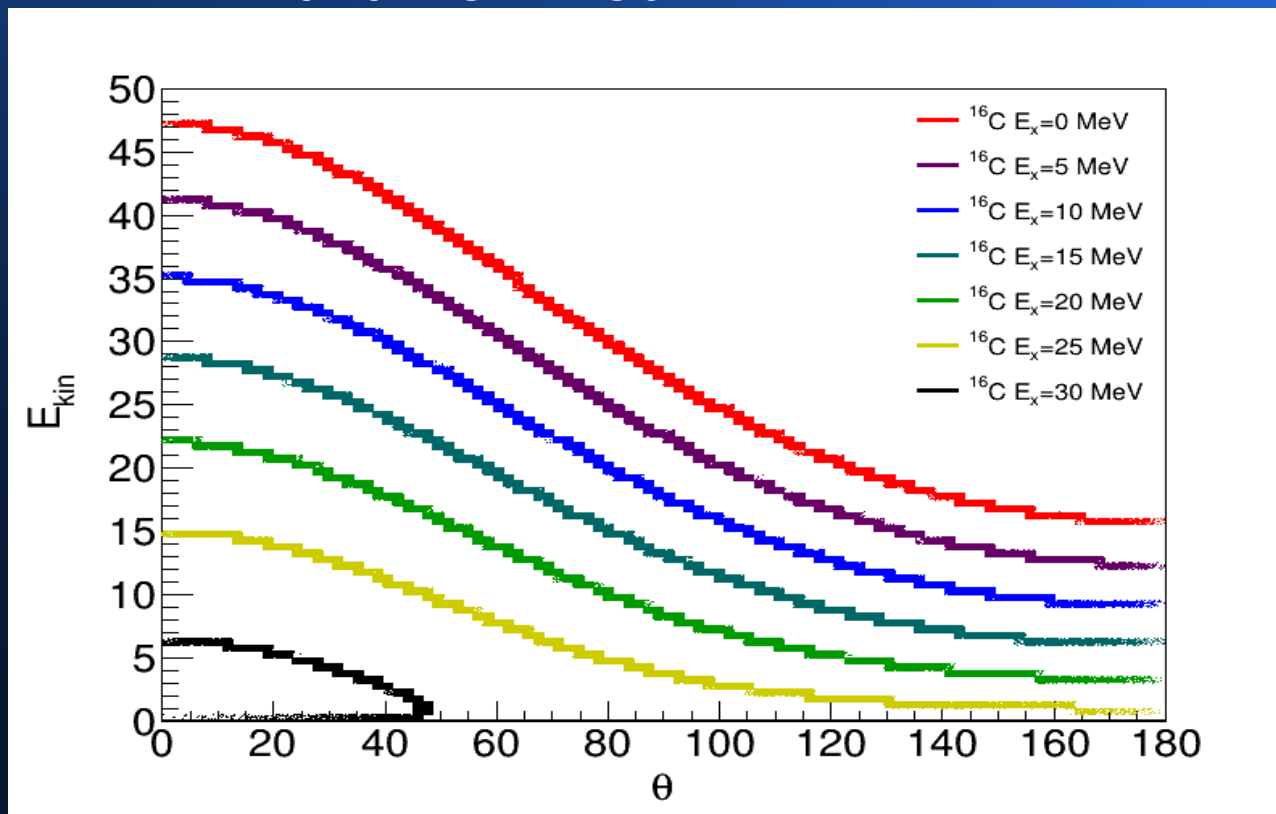
- Silicijski detektori (SSSSD-Single-sided silicon strip detector, DSSSD-Double-sided silicon strip detector, PAD ER)
- 6 teleskopa (svaki se sastoji od tri dijela)



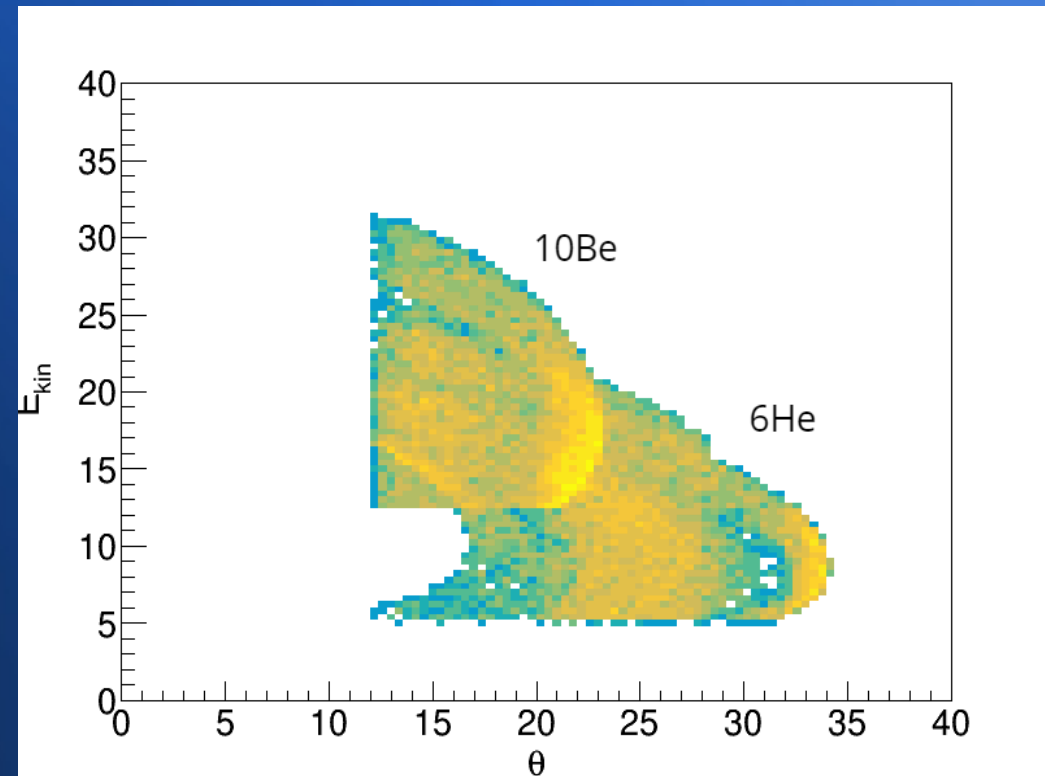
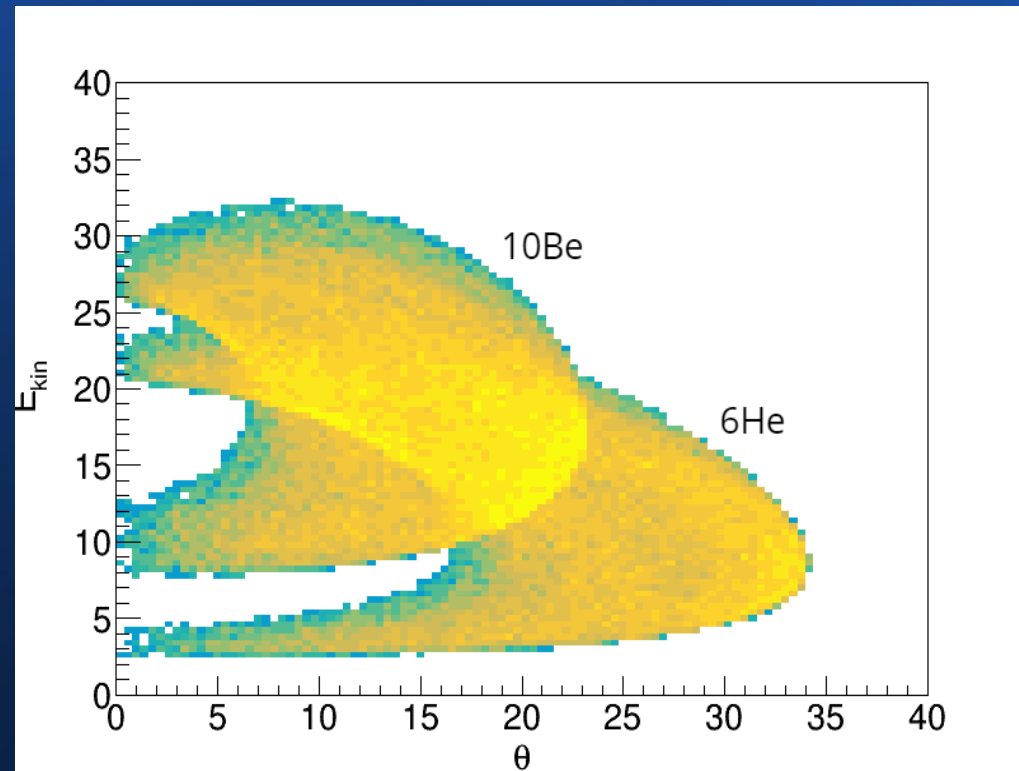
Rezultati mjerenja, analiza

Kinematika protona

- Kinetička energija protona u ovisnosti o kutu odklona za različite energije pobuđenja jezgre ugljika-16

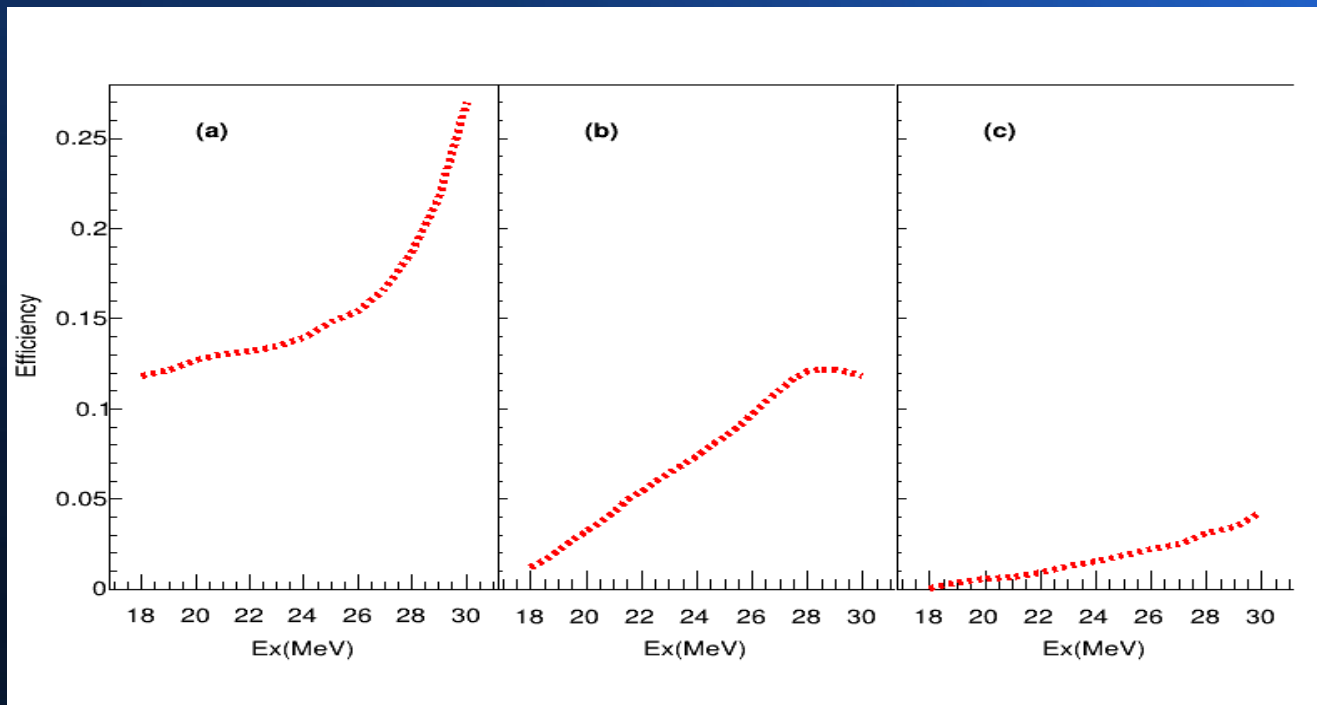


Detekcija izlaznih čestica



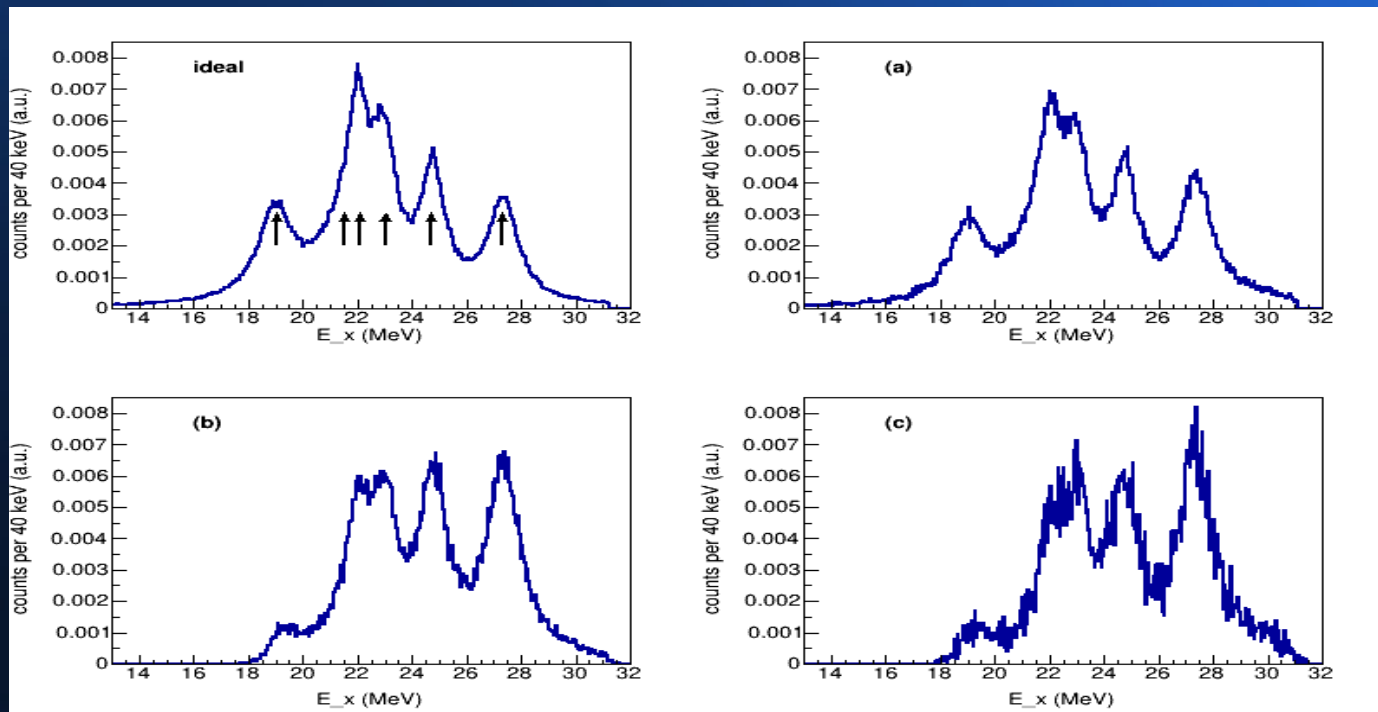
Efikasnost detekcije

- Efikasnost=broj zabilježenih događaja/broj emitiranih događaja
- a) detektiran barem proton
- b) detektirane dvije čestice
- c) detektirane sve tri čestice



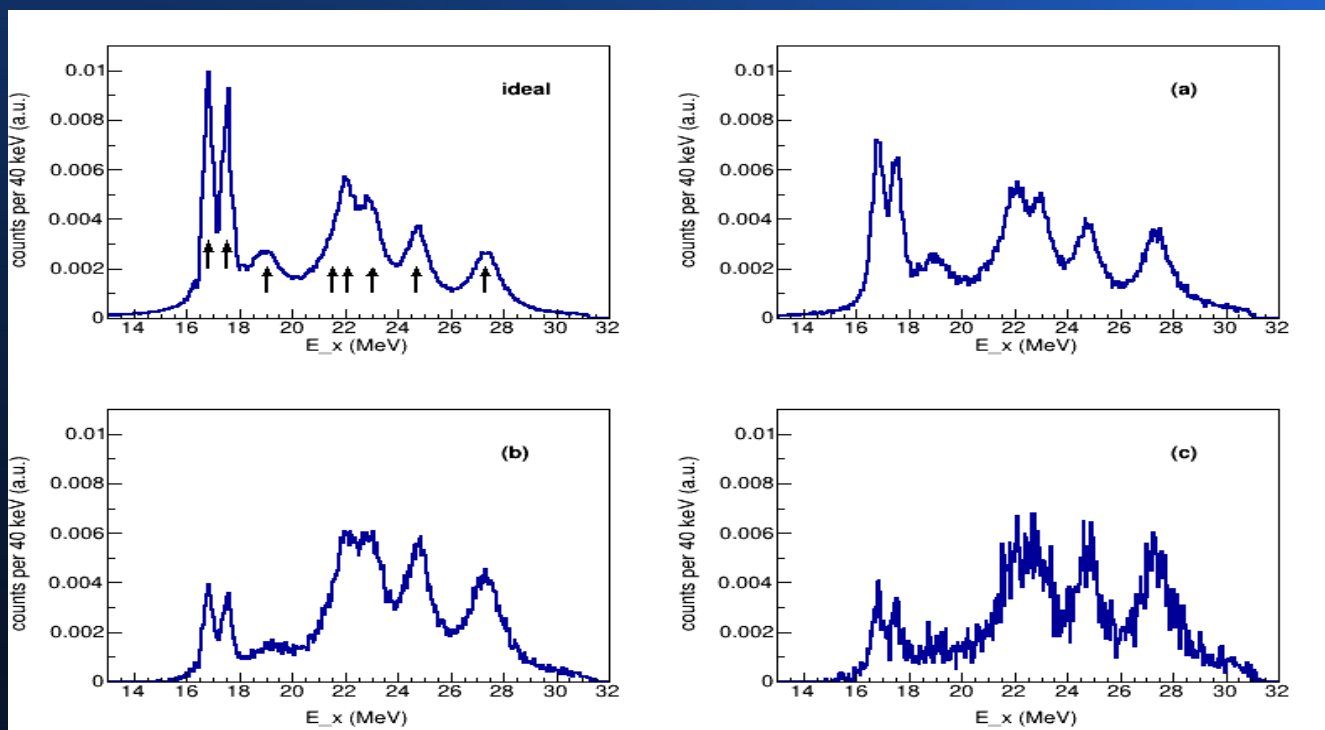
Fizikalna analiza

- Energijska stanja jezgre ugljika-16 za kanal raspada na proton, ^6He te ^{10}Be
- 1) idealan teorijski slučaj 2) detekcija protona 3) detekcija dvije čestice 4) detekcija sve tri čestice



Fizikalna analiza

- Energijska stanja jezgre ugljika-16 za kanal raspada na proton, 4He te 12Be
- 1) idealan teorijski slučaj 2) detekcija protona 3) detekcija dvije čestice 4) detekcija sve tri čestice



Zaključak

- Cilj seminara je bio proučavanje klusterske strukture jezgara, posebno jezgre ugljika-16, određivanje spektara pobuđenja te optimizacija eksperimenta
- Pronađen je optimalni detektorski postav za eksperiment
- Proučavani su glavni kanali raspada te su dobiveni spektri pobuđenja koji će se uspoređivati sa spektrima dobivenim iz eksperimenta

Hvala na pažnji!