

Energian muuntumisen kvantifioiminen esishokkikuplissa avaruusplasmasimulaatioiden avulla

Maan magneettikenttä ulottuu avaruuteen asti ja se on jatkuvassa vuorovaikutuksessa Auringosta lähtöisin olevan aurinkotuulen kanssa. Aurinkotuulella tarkoitetaan jatkuvaa ionisoitunutta hiukkasvirtaa, plasmaa, joka virtaa Auringon uloimmasta kerroksesta, koronasta. Muutokset aurinkotuulella aiheuttavat vaihtelevia olosuhteita Maan lähiavaruuden eri osissa. Tämä ilmiö tunnetaan avaruussäänä. Avaruussäällä on vaikutusta teknologiaan, etenkin satelliittien toimintaan, ja täten avaruussään ilmiöiden ymmärtäminen on nykypäivänä merkityksellinen tutkimuskohde.

Aurinkotuulen ja Maan magneettikentän vuorovaikutus jakaa Maan lähiavaruuden, magnetosfäärin, eri alueisiin, joilla on selkeät ominaispiirteensä. Näitä ovat esimerkiksi magnetopausi ja keulashokki. Magnetosfäärin Auringonpuoleisella puolella sijaitsee erityisen dynaaminen esishokkialue, jossa muodostuu äärimmäisiä plasmailmiöitä. Yksi tällainen ilmiö on esishokkikupla, jonka ytimessä on erittäin kuumaa, mutta harvaa plasmaa. Esishokkikuplat toimivat tehokkaina plasman hiukkasten kiihdyttäjinä — ne siis muuntavat energiaa tehokkaasti muodosta toiseen. Seminaariesitelmässä energian muuntumista tarkastellaan esishokkikuplien kontekstissa, sillä niiden ominaisuuksien vuoksi muutokset plasman energiassa ovat merkittäviä ja helposti havaittavissa.

Simulaatiot ovat merkittävässä osassa avaruusplasmafysiikan ilmiöiden tutkimuksessa, ja ne voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: magnetohydrodynamiikkaa hyödyntäviin laajan skaalan simulaatioihin ja laskennallisesti vaativampiin kineettisiin simulaatioihin. Tässä tutkimuksessa käytettiin Helsingin yliopistossa kehitettyä hybridi-Vlasov-simulaatiota, Vlasiatoria, joka yhdistelee molempien simulaatiotyyppien vahvuuksia. Vlasiatorin hybridiluonne mahdollistaa simulaatiot Maan magneettikentän mittakaavassa menettämättä kineettisten simulaatioiden statistisia ominaisuuksia.

Seminaarissa esitellään uusi lähestymistapa energian muuntumisen kvantifioimiseksi, joka ottaa huomioon myös niiden prosessien vaikutuksen, joiden alku- ja päätepiste eivät ole termodynaamisessa tasapainotilassa. Menetelmän hyödyntäminen simulaatioissa edellyttää plasman kineettistä tarkastelua. Tavoitteena on tunnistaa esishokkikuplan jälki simulaatioalueelta sekä kvantifoida ei-tasapainoasemiin liittyvien prosessien suhteellinen vaikutus.