

Ա. Մինայան

ԱՏՈՄԻ ԼՐԻՎ ՃԵՂՔՈՒՄԸ ՈՐՊԵՍ ԹՈՒՋՔԻ ՀԱՏՈՒԿ ՏԵՍԱԿ

Տարբեր տեսակի միջուկային վերածումների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ միջուկային ռեակցիաները տարբեր պայմաններում ընթանում են տարբեր ձևերով, ընդ որում այդ ռեակցիաներն ընդգրկում են միջուկը աննշան փոփոխություններից մինչև նրա լրիվ ճեղքումը: Քանակական փոփոխություններից որակական փոփոխություններին անցնելու հսկայական շղթայում հանդիպում են տարբեր խորության թռիչքներ, որոնք արտացոլում են միջուկի որակական փոփոխությունների բոլոր հնարավոր աստիճանները: Հաշվումները ցույց են տալիս, որ ատոմի վերածման մյուս տեսակների հետ միասին ծանր էլեմենտների համար կարող է գոյություն ունենալ ատոմի քայքայման ես մեկ տիպ, երբ միջուկը ճեղքվում է մոտավորապես երկու հավասար մասերի: 1939 թ. գերմանական գիտնականներ Գանը և Շտրասսմանը գտան, որ ուրանի ատոմները նեյտրոններով ռմբակոծելու դեպքում, բացի սովորական միջուկային ռեակցիաներից, տեղի է ունենում ուրանի ատոմի ճեղքում մոտավորապես երկու հավասար մասերի: Այդ նույն ժամանակաշրջանում սովետական գիտնականներ Կ. Ա. Պետրժակը և Գ. Ն. Ֆլերովը ցույց տվեցին, որ բացի ուրանի ռադիոակտիվ քայքայումից, տեղի է ունենում նաև ուրանի ատոմների ինքնաքերարար ճեղքման պրոցես: Հետագայում ուրանը նեյտրոններով ճեղքելու փորձերը կրկնվել է մուլիո-Վյուրիյի և ուրիշ ֆիզիկոսների կողմից: Ուրանի ատոմները նեյտրոններով ռմբակոծելուց հետո ստացվել են երկու էլեմենտների՝ բարիումի և լանտանի իզոտոպները: Հետագայում պարզվեց, որ նեյտրոնների ազդեցության տակ ճեղքվում են ոչ միայն ուրանի, այլև թորիումի ատոմները:

Այդ հայտնագործությունը որակապես տարբերվում է մինչ այդ հայտնի միջուկային վերածումներից: Թեև մինչ այդ գրեթե բոլոր էլեմենտների համար իրականացվել էր այս կամ այն կարգի միջուկային ռեակցիան, բայց այդ բոլոր դեպքերում էլ նոր առաջացած միջուկը քիչ էր տարբերվում սկզբնական միջուկից, ինչպես իր ատոմական կշռով, այնպես էլ իր կարգային համարով: Ռմբակոծման ենթարկված ատոմը, միջուկային ռեակցիայի հետևանքով, քայքայվում էր առաջացնելով 2—3 մասնիկներ, ընդ որում միջուկից դուրս թռչող մասնիկներն իրենց մասսայով չէին գերազանցում ալֆա մասնիկին: Մինչդեռ ուրանը նեյտրոններով ռմբակոծելու դեպքում պարզվեց, որ նա ճեղքվում է երկու, մոտավորապես իրար հավասար մասերի (բեկորների): Ուսումնասիրությունները հաստատեցին, որ բոլոր բեկորները կարելի է բաժանել երկու խմբի: Առաջին խմբի մեջ մտնում են այն բեկորները, որոնց կարգային համարները տատանվում են 35—43-ի սահմաններում, իսկ ատոմական կշիռները 82—100-ի սահմաններում, մինչդեռ երկրորդ խմբի մեջ մտնող բեկորների կարգային համարները տատանվում են 51—57-ի սահմաններում, իսկ ատոմական

կշիռները 127—150-ի սահմաններում: Ուրանի միջուկի ճեղքման այդպիսի արդյունքները ցույց են տալիս, որ նրա ճեղքման պրոցեսը տարրեր պայմաններում ընթանում է տարբեր ձևով, որն արտահայտվում է ստացվող բեկորների տարբեր մեծությամբ: Յուրաքանչյուր իմրի մեջ մտնող բեկորների մեծամասնությունն իր հերթին ենթարկվում է ռադիոակտիվ քայքայման, այնպես որ ինչպես ուրանի ճեղքումը, այնպես էլ նրանից ստացված բեկորների քայքայումը կատարվում է թռիչքաձև՝ քանակական փոփոխություններից որակական փոփոխություններին անցնելու ճանապարհով:

Ուրանի ատոմի ճեղքման պրոցեսի հետագա ուսումնասիրությամբ ասպացուցվել է, որ ուրանի ատոմի ճեղքումը կարելի է իրականացնել ոչ միայն նեյտրոնների, այլև ուրիշ տեսակ մասնիկների օգնությամբ: Այսպես, օրինակ, ինչը միլիոն էլեկտրոնովոլտ էներգիա ունեցող դեյտրոնները առաջ են բերում ինչպես ուրանի, այնպես էլ թորիումի ատոմների էֆեկտիվ քառանում: Փորձերը ցույց են տալիս, որ ուրանի ատոմները ալֆա մասնիկների օգնությամբ կարելի է ճեղքել երկու մասի: Ուրանի ատոմները Լեյսոններկու միլիոն էլեկտրոնովոլտ էներգիա ունեցող ալֆա մասնիկներով ուժեղացված միջոցով ստացվել են յոդի մի քանի իզոտոպներ, իսկ որոշ դեպքերում տելուրի իզոտոպներ: Այնուհետև հաստատվել է, որ ուրանը և թորիումը ենթարկվում են քառանման՝ սյրոտոնների ազդեցության տակ: Այդպիսի սյրոտոնների էներգիան հասնում է 6,9 միլիոն էլեկտրոնովոլտի: Համալայնումն ժամանակներում հայտնաբերվեց նաև ուրանի ճեղքումը գամմա ճառագայթների միջոցով: Ատոմի ճեղքման համար օգտագործվող գամմա ճառագայթները ունեն 6,3 միլիոն էլեկտրոնովոլտ էներգիա¹:

Վերը շարադրված փորձերը ցույց են տալիս, որ ատոմի լիակալումը կարելի է իրականացնել ուրակապես տարբեր տեսակի «էլեմենտար» մասնիկների՝ նեյտրոնների, պրոտոնների, դեյտրոնների, ալֆա մասնիկների և ֆոտոնների օգնությամբ: Այդ մասնիկների օգնությամբ հարուցվող միջուկային բոլոր ունակցիաները հանդիսանում են քանակական փոփոխություններից որակական փոփոխություններին անցնելու լավագույն օրինակ: Նրանք ցույց են տալիս, որ մասնիկների էներգիայի քանակական փոփոխությունը ամեն մի կոնկրետ դեպքում հասնելով որոշակի մեծության, առաջ է բերում արմատական, որակական փոփոխություն, այսինքն, ատոմի լրիվ ճեղքում, որ հաստատում է քանակական փոփոխություններից որակական փոփոխություններին անցնելու պրոցեսի օբյեկտիվ բնույթը:

Միջուկի էներգիայի հետադոտությունը ցույց է տալիս, որ նրա մեծությունը պայմանավորված է միջուկային ուժերով, որը համեմատական է մասսայի թվին, միջուկի մակերևույթային լարվածությանը և, վերջապես, սյրոտոնների միջև դուրծու էլեկտրական փոխազդեցությանը: Այդ իսկ պատճառով էլ բնական է, որ այն ֆակտորների փոփոխությունը, որոնք որոշում են միջուկի էներգիան, սլետր է ազդի միջուկի կայունության վրա, այլ կերպ ասած, միջուկի կշռի և լիցքերի քանակական փոփոխությունները պետք է հանգեն որակական փոփոխության:

Ատոմի միջուկի պատկերացումը՝ որպես լիցքավորված հեղուկի կաթիլ, հնարավորություն է տալիս որոշ չափով թափանցելու միջուկային վերածում-

¹ Д. Д. Стракатын, Частицы в современной физике, стр. 427 - 428.

ների էություն մեջ: Այդ պատկերացման համաձայն էներգետիկ տեսակետից օգտակար է ոչ թե փոքրիկ կաթիլների բաժանումը, այլ ընդհակառակը՝ նրանց միացումը և ավելի մեծ կաթիլի առաջացումը: Այդ է պատճառը, որ սովորական հեղուկի, այդ թվում և սնդիկի երկու փոքրիկ կաթիլներ իրար հետ շփվելու դեպքում միանում են իրար:

Երբ միջուկի մեծությունը հասնում է միջին չափի, պարբերական սիստեմի կենտրոնական մասում միջուկը դառնում է կայուն. պարզվում է, որ միջին մեծության միջուկային կաթիլները բնութագրվում են կայունությամբ: Այդ սահմանից այն կողմը, միջուկի հետագա մեծացումը հանդեցնում է այնպիսի միջուկների առաջացման, որոնք բաժանման տեսակետից անկայուն են:

Սրանից հետևում է, որ կայուն են միայն միջին կարգային համար և միջին մասսա ունեցող միջուկները. մնացած միջուկները դառնում են մետաստաբիլ, կամ անկայուն վիճակում և իրենցից ներկայացնում են յուրատեսակ «վառվող նյութ»: Ընդ որում ծանր միջուկները արձակում են հսկայական քանակությամբ էներգիա՝ ճեղքման միջոցով, իսկ թեթև էլեմենտները՝ սինթեզի ճանապարհով:

Միջուկի մասսայի և լիցքի քանակական փոփոխությունները, հասնելով միջին մեծության, առաջ են բերում թռիչքաձև արժատական, որակական փոփոխություն: Տեղի է ունենում անցում՝ անկայուն միջուկներից կայուն միջուկների: Միջուկի դրական լիցքերի և մասսայի հետագա քանակական փոփոխությունները հանդեցնում են նոր որակական փոփոխությունների՝ անցման կայուն միջուկներից—անկայուն միջուկների, միայն այն տարբերությամբ, որ միջին չափերից փոքր չափեր ունեցող անկայուն ատոմի միջուկները առաջացնում են միացման ռեակցիա, իսկ միջինից բարձր չափեր ունեցող ծանր միջուկները տալիս են ճեղքման ռեակցիա:

Դժվար չէ նկատել, որ այդ խոշոր թռիչքները նախապատրաստվում են մի շարք ավելի փոքր թռիչքների քանակական կուտակման միջոցով:

Միջուկների ձուլման և բաժանման ռեակցիաների հետադոտությամբ հաստատված է, որ այդ ռեակցիաները համեմատաբար հեշտ է իրականացնել պարբերական սիստեմի հակառակ ծայրերում դառնալով էլեմենտների մոտ:

Այս օրինակը ցույց է տալիս, որ հակադրությունները փոխադարձաբար ներթափանցում և որոշակի պայմաններում վերածվում են մեկը մյուսին: Նույն ակներև է դառնում, որ առանց բերք էլեմենտների չեն կարող գոյություն ունենալ ծանր էլեմենտներ, քանի որ բերք էլեմենտները ունեն միմյանց ձուլվելու և ծանր էլեմենտների առաջացնելու տենդենց, իսկ մյուս կողմից, ծանր էլեմենտներն էլ իրենց հերթին տենդենց ունեն բաժանվելու և առաջացնելու ավելի բերք էլեմենտներ:

Անջատվող էներգիայի քանակի տեսակետից, ինչպես թեթև էլեմենտների սինթեզման, այնպես էլ ծանր էլեմենտների ճեղքման պրոցեսները մոտավորապես նույնական են:

Ատոմի միջուկների ձուլման, ինչպես և ճեղքման ռեակցիաները մեզ շրջապատող բնության մեջ չենք տեսնում այն պարզ պատճառով միայն, որ դրանք վերջապես արագությամբ իրականացնելու համար պահանջվում է հսկայական քանակությամբ էներգիա: Եթե ատոմի ճեղքումը որոշակի արագությամբ իրականացնելու համար պահանջվում է ակտիվացման էներգիա, որը հաշվվում է միլիոնավոր էլեկտրոն-վոլտերով, ապա թեթև միջուկների ձուլումը նկատելի արագությամբ կենսադործելու համար պահանջվում է տասնյակ մի-

լիոնների հասնող ջերմաստիճան: Առաջին, ինչպես և երկրորդ դեպքում, մի որակական կացությունից մյուսին անցնելու համար պահանջվում է էներգիայի ֆանակական կուտակում մինչև մի որոշ սահման, որը հանգեցնում է արմատական, որակական փոփոխության:

Երկրագնդի վրա ուրանից մեծ ատոմական կշիռ և կարգային համար ունեցող էլեմենտների երկար ասլորող իզոտոպների բացակայությունը պայմանավորված է ըստ երևույթին նրանց միջուկների անկայունությամբ, սակայն, հաղկ է նշել, որ սկսած լիսմուտից սլարերերական սիստեմի էլեմենտները դառնում են անկայուն և ենթարկվում են ռադիոակտիվ քայքայման: Ուրանից հետո եկող էլեմենտների անկայունության պատճառը հանդիսանում են միջուկի սլոտոնների միջև դործող էլեկտրական վանողական ուժերը: Եթե ոչ այնքան ծանր ատոմների միջուկներում սլոտոնների միջև դործող վանողական ուժերը չեն կարողանում հաղթահարել միջուկի ձգողական ուժերը, ասլա միջուկի սլոտոնների քանակական կուտակումը աստիճանաբար փոխում է միջուկի ձգողական ուժերի և սլոտոնների միջև եղած էլեկտրական վանողական ուժերի փոխհարաբերությունը՝ հոգուտ վերջինի:

Փորձով հաստատվել է, որ միջուկային մասնիկների միջև եղած կապը միջուկային ուժերը քիչ են կախված ատոմի միջուկի չափերից այն ժամանակ, երբ միջուկի սլոտոնների միջև դործող վանողական ուժերը մեծանում են սլոտոնների քանակի աճման հետ: Ըստ երևույթին բավականաչափ ծանր, մեծ թվով սլոտոններ և նեյտրոններ սլարունակող էլեմենտների դեպքում միջուկի նոր մասնիկներ ավելացնելը դառնում է էներգետիկ տեսակետից անսլատակահարմար, այն հանգեցնում է ոչ թե միջուկի ընդհանուր էներգիայի փոքրացմանը, այլև մեծացմանը: Այդ սլատճառով միջուկային «հեղուկի» բավական մեծ կաթիլներ, այսինքն բավական ծանր ատոմի միջուկը սլետք է ինքնաբերաբար «դուրրչիանա», անջատելով էներգիա: Այդ սլոցեսը կարող է շարունակվել այնքան ժամանակ, քանի դեռ այդ կաթիլի՝ միջուկի չափերը չեն հասնում կրիտիկական որոշ մեծության, որի ժամանակ անհետանում է դուրրչիացման էներգիան: Միջուկի քանակական փոփոխությունները այսսլիսով առաջ են բերում արմատական, որակական փոփոխություն:

Միջուկի դրական լիցքերի քանակական փոփոխությունը, հասնելով որոշ սահմանի, հանգեցնում է վանողական ուժերի դերակշռությանը՝ միջուկային ուժերի նկատմամբ, որի հետևանքով տեղի է ունենում ծանր միջուկների ճեղքում երկու և ավելի բեկորների: Կնշանակի միջուկի սլոտոնների թվի փանակական փոփոխությունը և դրան համապատասխան վանողական ուժերի ֆանակական անբ որոշ աստիճանի վրա առաջ են բերում արմատական, որակական փոփոխություն, այսինքն՝ ծանր միջուկների ճեղքում:

Ուրանի ատոմի ճեղքման սլոցեսի հետադոտությունը ասլացուցվել է, որ ուրանի երկու հարյուր երեսունհինգ և երկու հարյուր երեսունութ ատոմական կշիռներ ունեցող իզոտոպները դանդաղ նեյտրոններով ռմբակոծման ենթարկելու դեպքում առաջին իզոտոպի ատոմները ճեղքվում են երկու բեկորների, այդ ժամանակ անջատվում են 2—3 նեյտրոններ: Անջատված նեյտրոնները ընդունակ են ճեղքելու ուրանի 235 ատոմական կշիռ ունեցող միջուկներ: Այսպիսով հնարավոր է դառնում շարունակելու ոչ միայն մեկ անգամ սկսված սլոցեսը, այլև նրա հեղեղաձև ինքնաարագացումը:

Ուրանի 235 ատոմական կշիռ ունեցող միջուկների ճեղքումը ուղեկցվում է

ժոտավորապես 0,1 տոկոս մասսայի կորուստով: Այդ մասսան իր հետ տանում է համապատասխան քանակի էներգիա, որի մեծությունը կարելի է հաշվել $E=mc^2$ ֆորմուլայի օգնությամբ: Հաշվումները ցույց են տալիս, որ մի գրամ ուրանը լիովին ճեղքելու դեպքում անջատվում է մոտ 18 միլիոն կիլո-կալորիա էներգիա:

Ուրանի 238 կշիռ ունեցող իզոտոպը կարող է ճեղքվել արագ նեյտրոնների ազդեցության տակ, բայց այդ իզոտոպի համար ավելի բնորոշը դանդաղ նեյտրոնների կլանումն է, որի շնորհիվ նրա ատոմական կշիռը մեծանում է մեկ միավորով՝ դառնալով 239: Ուրանի այդ նոր առաջացած իզոտոպը, ենթարկելով բետտա քայքայման, առաջ է բերում պլուտոնիում, այլ կերպ ասած միջուկի դրական լիցքերի փոփոխությունը առաջ է բերում ուրանի փոփոխություն: Պլուտոնիումը 235 ատոմական կշիռ ունեցող ուրանի իզոտոպի նման դանդաղ նեյտրոնների ազդեցությամբ ճեղքվում է երկու բեկորների, անջատելով 2—3 նեյտրոններ, դրա համար էլ պլուտոնիումը օգտա-
օգտություն է միջուկային էներգիա ստանալու համար:

Ծանր միջուկների փայփայումը որպես թոփոխ նոր տեսակ, բնութագրվում է նրանով, որ այդօրինակ վերածման ժամանակ ոչ միայն անջատվում են 2—3 նեյտրոններ, այլև ինքն միջուկը բաժանվում է մոտավորապես երկու հավասար մասերի: Այդ մասերը, ենթարկվելով հաջորդական ռադիոակտիվ քայքայման, առաջացնում են քանակական փոփոխություններից որակականին անցնելու յուրատեսակ շղթաներ: Այդ մասերի ռադիոակտիվ քայքայման պրոցեսը շարունակվում է այնքան ժամանակ, մինչև որ պրոտոնների և նեյտրոնների միջև եղած քանակական հարաբերությունը միջուկում չի համապատասխանում երկու կայուն իզոտոպներում եղած պրոտոնների և նեյտրոնների քանակական հարաբերությանը:

Միջուկի ճեղքման հայտնագործությունը հանդիսանում է մարդկային մտքի մեծագույն նվաճումը, որը ճանապարհ է բացում դեպի ատոմային էներգիայի անսպառ պաշարները: Որպես նոր որակ ատոմային էներգիան բնութագրվում է նոր քանակական հարաբերությամբ, նա հանդիսանում է մեղ հայտնի էներգիայի տեսակներից ամենահզորը: Նրա խաղաղ օգտագործումը կառաջացնի մինչև այդ շտեմնված ուղյուցիա արտադրողական ուժերի զարգացման բնագավառում:

Միջուկային էներգիան առաջին անգամ օգտագործվել է ԱՄՆ-ում ատոմային ռումբ պատրաստելու նպատակով: Հաշվումները ցույց են տվել, որ սովորական միջուկային «վառելիքից» պայթյուն ստանալու համար պետք է վերցնել այնպիսի քանակ, որը գերազանցում է որոշ միևնույն մեծության: Սահմանային այդ մեծությունը որոշում է պայթող սիստեմի կրիտիկական չափերը: Եթե սիստեմի մեծությունը փոքր է կրիտիկականից, նրանում առաջացող նեյտրոնները դուրս են գալիս սիստեմից, որն անհնար է դարձնում շղթայատիպ ռեակցիայի առաջացումը և պայթյունը: Կնշանակի պայթման ենթակա սիստեմի մասսայի փոփոխությունը հասնելով որոշ մեծության՝ կրիտիկական չափերի, առաջ է բերում ուրանական փոփոխություն:

Միջուկային էներգիա կարելի է ստանալ ոչ միայն ծանր ատոմների ճեղքման, այլև թեթև ատոմներից համեմատաբար ծանր ատոմներ սինթեզելու ճանապարհով: Ենթադրվում է, որ արևի և աստղերի էներգիան առնչվում է ջրածնի ատոմներից հելիումի ատոմներ սինթեզելու պրոցեսի հետ: Հավանա-

լուր էրկնային այդ մարմինների ներսում ջերմաստիճանը հասնում է տասնյակ աստիճանի, որի տակ ատոմները զրկված են էլեկտրոնային թաղանթից և գոյություն ունեն մերկ միջուկների ձևով: Այդ սլայմաններում ավելի թեթև էլեմենտների միջուկները բախվելով իրար հետ կարող են առաջացնել ավելի ծանր էլեմենտներ: Ամենայն հավանականությամբ, շուրս պրոտոններից ածխածնի օգնությամբ առաջանում է հելիումի միջուկը, որի ժամանակ անջատվում են մեծ քանակությամբ էներգիա և երկու դրական էլեկտրոններ: այլ կերպ ասած, պրոտոնների քանակական փոփոխությունը հանդիսանում է որակական փոփոխության, նոր էլեմենտի՝ հելիումի առաջացմանը:

Քանի որ ատոմային ումբի սլայման հետեանքով ստեղծվում են այնպիսի սլայմաններ, որպիսիք գոյություն ունեն աստղերի և Արեգակի ներսում, ուստի և հնարավոր է դառնում միջուկային էներգիայի ստանալը ոչ միայն ատոմների ճեղքման, այլև ավելի թեթև էլեմենտներից ավելի ծանր էլեմենտներ սինթեզելու ճանապարհով: Ջրածնային ումբի մեջ միաժամանակ օգտագործվում է և՛ միջուկի ճեղքման և՛ ավելի սլարգադույն ատոմներից համեմատաբար բարդ ատոմների սինթեզման էներգիան:

Ջրածնային ումբի մեջ զուգակցվում են երկու հակադիր սլոցեսներ, որոնք արտահայտում են քանակական փոփոխություններից որակական փոփոխությունների: անցնելու երկու շարք: Մի կողմից տեղի է ունենում ծանր միջուկների ճեղքում, որի հետևանքով առաջանում են միջին կարգային համար ունեցող նոր էլեմենտներ, մյուս կողմից բարձր ջերմաստիճանի և ճնշման սլայմաններում տեղի է ունենում հելիումի ատոմների սինթեզ ջրածնի ատոմներից, այսինքն կատարվում է անդամ սլարգադույն ատոմներից համեմատաբար բարդ ատոմների: Երկու դեպքում էլ տեղի են ունենում ֆիմիալան էլեմենտների խորք, առատական, սրակական փոփոխություններ, որոնք ցույց են տալիս մատերիայի շարժման և փոփոխման բոլորապես բնույթը:

Ատոմային էներգիայի բացահայտումը գիտության խոշորագույն նվաճումն է: Կապիտալիստական երկրները ԱՄՆ-ի գլխավորությամբ այդ նվաճումն աշխատում են օգտագործել նոր սլատերազմ սանձաղերծելու համար, իսկ սոցիալիզմի լազերի երկրները ձգտում են ատոմային էներգիան օգտագործել խաղաղ շինարարության համար, այն գործադրել արտադրության մեջ: Իրա փուլուն ասլացույցն է այն, որ առաջին ատոմային էլեկտրակայանը ստեղծվել է մեղ մոտ՝ ՍՍՌՄ-ում: Այդ էլեկտրակայանը հսկայական առաջընթաց բաց է ատոմային էներգիայի սլրակտիկ օգտագործման ճանապարհին: Միջուկային էներգիայի օգտագործումը ժողովրդական տնտեսության տարրեր բնագավառներում կհանդեսնի արտադրողական ուժերի վիթխարի թորչի և լայն հնարավորություններ կստեղծի արտադրողականության բարձրացման համար: