

Protonemission hos kobolt-53 – en teoretisk undersökning

Populärvetenskaplig sammanfattning

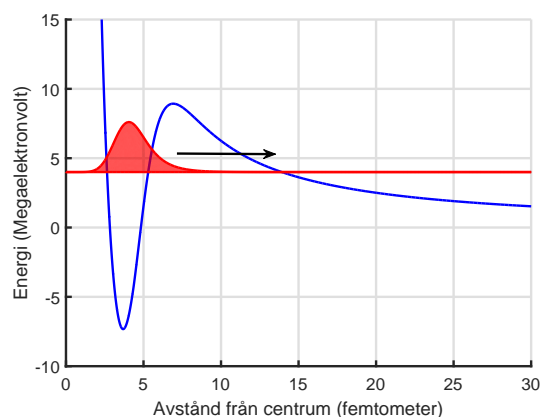
Vissa atomkärnor, däribland kobolt-53, kan sönderfalla genom protonemission, dvs. genom att avge en proton. Sönderfallet av just kobolt-53 är särskilt intressant då moderkärnan snurrar väldigt fort, medan dotterkärnan inte snurrar alls. Dessutom förändras kärnans struktur mycket under sönderfallet. I denna studie användes teoretiska modeller för att se hur mycket var och en av dessa faktorer påverkar halveringstiden hos kobolt-53.

Nyligen mättes halveringstiden hos kobolt-53 till följd av protonemission. Resultatet är ännu inte offentliggjort, men en tidigare uppskattning är cirka 17 sekunder. Detta kan jämföras med en beräkning av samma halveringstid utifrån en enkel teoretisk modell, vilket ger runt 10^{-16} sekunder. Detta är 100 miljoner miljarder gånger snabbare än i experimentet, så vad händer egentligen?

Förenklat går sönderfallet till så att protonen som avges kan behandlas som en separat partikel som befinner sig inuti dotterkärnan. Denna hålls kvar i kärnan av den starka kärnkraften, som dock har mycket kort räckvidd. För att separera en proton från kärnan krävs därför energi. Protoner påverkas också av den elektrostatiska kraften, vilken är repellerande och har lång räckvidd. Därför krävs ett större arbete att flytta protonen en kort sträcka utanför kärnan, än längre ut. Den elektrostatiska kraften skapar därför en barriär runt kärnan som håller kvar protonen, se figur 1. Protoner är kvantmekaniska objekt. Dessa kan tunnla ut genom barriären, vilket är mekanismen för protonemission.

För en roterande kärna är det hela aningen mer komplicerat. Liket en centrifug kommer kärnans rotation att trycka ut barriären runt kärnan. Detta får konsekvensen att barriären blir tjockare. Därmed är det svårare för protonen att tunnla igenom. I den enkla modellen som användes

som utgångspunkt, uppstod problem om man lät kärnan snurra så fort som i verkligheten. Därför gavs den mindre rotation i modellen. Genom att ge kärnan rätt rotation, uppskattades att halveringstiden skulle öka runt tre miljoner gånger.



Figur 1 – Mekanismen bakom protonemission. En proton (röd vågform) kan tunnla genom potentialbarriären som bildas av atomkärnan (blå). Figuren visar ett radiellt tvärsnitt av kärnan.

Förklaringen ovan räcker inte på långa vägar. En annan viktig faktor beror på rörelsemängdens bevarande. Då dotterkärnan inte roterar alls, måste moderkärnans rörelsemängdsmoment föras över på protonen. Detta är en starkt hämmad process, med konsekvensen att halveringstiden förlängs med ytterligare en faktor på runt en miljard.

Nu återstår bara en faktor på ungefär 10-100 gånger för att förklara den uppmätta halveringstiden. Var kommer denna faktor från? Jo, för att atomkärnan ska kunna bli av med sin rotation, måste protonerna och neutronerna i kärnan ordna om sig, vilket inte sker frivilligt. För protonerna är den största förändringen att en av dem flyger iväg. För resten av dessa är förändringen då inte särskilt stor, vilket bara ledde till en fördubbling av halveringstiden.

För neutronerna, å andra sidan, krävs en mycket större omfördelning. Med de antaganden som gjordes, visade sig denna process dessvärre vara helt omöjlig. Slutsatsen var att det krävs mer avancerade modeller, vilka får studeras i eventuella fortsatta studier.

Även om en mer avancerad modell lyckas förklara vad som sker, finns fortfarande en del fria

modellparametrar. Resultatet från experimentet som beskrivs ovan kan användas till att bestämma dessa parametrar. Då skulle förståelsen kunna öka för hur kobolt-53 är uppbyggd, och i förlängningen också för andra, liknande kärnor. Detta examensarbete – och metoderna som använts – kan på så sätt bidra till att föra forskningen inom kärnfysik framåt.