

A bal-jobb aszimmetria kísérleti vizsgálata foton-atom kölcsönhatás esetében

(Experimental investigation of left-right asymmetry in photon-atom interaction)

S. Ricz, T. Buhr, Á. Kövér, K. Holste, A. Borovik, Jr., S. Schippers, D. Varga, and A. Müller

Az elmúlt 15 évben a fotoelektronok szögeloszlását tanulmányoztuk annak érdekében, hogy a foton-atom kölcsönhatásokat jobban megismerjük, illetve a meglévő elméleti leírásokat ellenőrizzük. A többszörösen differenciális hatáskeresztmetszetek (energia és az emissziós szög szerinti; angol rövidítése DDCS) különösen érzékenyek a fotoionizáció során lejátszódó kölcsönhatásokra (a multipólusok rendjére, elektron korrelációra, csatorna kölcsönhatásokra stb.). A mért szögeloszlások alakját leíró anizotropia paraméterek számából, valamint ezek fotonenergia függéséből egyértelműen lehet következtetni a fontosabb kölcsönhatásokra (pl. dipól, nem-dipól valamint az ionizációs, gerjesztési folyamatok szerepére). Az ismert elméleti modellek és számolások azonos hatáskeresztmetszetet jósolnak a $\psi=0^\circ-+180^\circ$ és a $\psi=0^\circ-180^\circ$ polárszög-tartományra (a ψ polárszöget a foton impulzusától mérjük), ami a tértükrözéssel szembeni invariancia következménye (más szóval paritás-megmaradás).

Lineárisan polarizált szinkrotron sugárzással kiváltott egyszeres ionizációs folyamatokat vizsgáltuk kísérletileg nemesgáz atomokon és hidrogén molekulán, nagy energia- és szög-feloldású fotoelektron spektroszkópia módszerével. Méréseinket a foton polarizációs és impulzus vektora által kifeszített síkban végeztük úgy, hogy az általunk kifejlesztett és megépített ESA-22 elektronspektrométer egyidejűleg analizálta 20 (ESA-22L) illetve 22 (ESA-22G) szögnél a céltárgyból kilépő elektronok energia- és szögeloszlását (egy kitüntetett irányhoz képest $\psi=0^\circ\pm 180^\circ$ polárszög-tartományban). Vizsgálatainkat két szinkrotronon végeztük (I411 nyalábcatorna, MAX II, Max-Lab, Lund, Svédország és BW3 nyalábcatorna, DORIS III, HASYLAB, Hamburg, Németország) két elektronspektrométer alkalmazásával. Méréseinket a szimmetrikusnak feltételezett argon L_{23} - M_{23} , M_{23} ($^3P_{0,1,2}$, 1D_2) Auger-elektronokra normáltuk. Ezzel a megoldással a legtöbb instrumentális hibaforrást megszüntettük. A $0^\circ, 180^\circ$ -os és a $0^\circ, -180^\circ$ -os szögtartományra külön-külön meghatároztuk a $\sigma(0^\circ, -180^\circ)$ és a $\sigma(0^\circ, 180^\circ)$ bal (σ_L) ill. jobb (σ_R) oldali hatáskeresztmetszeteket, valamint az aszimmetria paramétereit ($A_{LR}=[\sigma_L-\sigma_R]/[\sigma_L+\sigma_R]$).

A mért adatok analízise során a fotoelektronok kétszeresen differenciális hatáskeresztmetszeténél több esetben eltérést tapasztaltunk a szimmetrikustól. A mért érték hol balra ($0^\circ-180^\circ$ -os szögtartomány), hol pedig jobbra ($0^\circ+180^\circ$) mutat nagyobb értéket a foton impulzusához viszonyítva. Részletes hibaelemzés után, amely magába foglalta a teljes mérőrendszer ellenőrzését (lásd a cikk mellékletét), szisztematikus vizsgálatokat végeztünk az aszimmetrikus fotoelektron emisszió létezésének kimutatására, illetve ha létezik, akkor a tulajdonságainak meghatározására.

He, Ne, Ar és Xe atomok külső s -héjaira két szinkrotronon végeztünk méréseket. A kapott aszimmetria paraméterek jól egyeztek és nullától különböztek az összes vizsgált céltárgyra. Hasonló méréseket végeztünk Ne, Ar, Kr és Xe atomok külső p -héjaira, ahol az aszimmetria paraméterek értéke szintén eltért nullától és előjele negatív volt (kivéve az Ar $2p$, $3p$ héjakat; a magyarázathoz lásd a cikket), míg s -héjakra pozitív értéket kaptunk.

Mivel az elmúlt évek során széles fotonenergia tartományban (100-460 eV) és több atomi héjra végeztünk méréseket, így az A_{LR} paraméterek fotoelektron energia függésének meghatározása is lehetővé vált. A mért aszimmetria paraméterek egy oszcilláló függvény mentén helyezkednek el és a becsült nagy hibák ellenére sem tekinthető egy nulla körüli véletlen eloszlásnak, amely az ismert elméleti modellekből következne. A megfigyelt nullától különböző aszimmetria paraméterek felvetik annak lehetőségét, hogy egy ismeretlen vektor vagy pszeudo vektor típusú kölcsönhatási potenciál is szerepet játszik a fotoionizációban, gerjesztésben vagy pedig a tértükrözéssel szembeni invariancia sérül elektromágneses kölcsönhatásban. Jelenleg egyik lehetőségre sincs elméleti magyarázat, ami további kutatásokat tesz szükségessé.