

## $Se^{2+}$ jono dviguba jonizacija elektronu

### Electron-impact double ionization of $Se^{2+}$

Jurgita Koncevičiūtė, Sigita Kučas, Šarūnas Masys, Aušra Kynienė, Valdas Jonauskas  
Vilniaus universitetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10222 Vilnius  
[konceviutej@gmail.com](mailto:konceviutej@gmail.com)

Vienelektronė ir daugielektronė atomų ir jonų jonizacija elektronais yra vieni iš pagrindinių procesų, kurie suteikia žinių apie atominių sistemų struktūrą ir dinamiką. Aplinkose, kuriose vyrauja didelės energijos elektronai, itin svarbus yra dvigubos jonizacijos procesas, kurio įtaka jonų pasiskirstymui pagal jonizacijos laipsnius yra didžiausia, lyginant su kitais daugielektronės jonizacijos procesais.

Dviguba jonizacija elektronais gali vykti keliais būdais. Netiesioginio proceso atveju du atomo arba jono elektronai išlaisvinami viengubos vidinio sluoksnio jonizacijos bei po jos vykstančios autojonizacijos metu. Tiesioginio proceso metu atomui arba jonui sąveikaujant su krentančiu elektronu du elektronai pašalinami iš karto. Pastaruoju atveju tenka nagrinėti keturių sąveikaujančių kūnų uždavinį. Tokiems uždaviniams spręsti taikomi įvairūs artiniai.

Selenas yra aptinkamas kosminiuose ūkuose bei tam tikrų tipų žvaigždėse, be to, jo vaidmuo reikšmingas modeliuojant branduolių sintezę, todėl šis elementas yra svarbus astrofizikiniuose tyrimuose.

$Se^{2+}$  jono dviguba jonizacija elektronais anksčiau buvo tirta taikant pusiau reliatyvistinę konfigūracijų vidurkių iškraipytųjų bangų artinį [1]. Tačiau šiuo artiniu negautas geras sutapimas su eksperimentinėmis skerspjūvių vertėmis didesnių kritusio elektrono energijų atveju ir šio neatitikimo priežastys nėra žinomos.

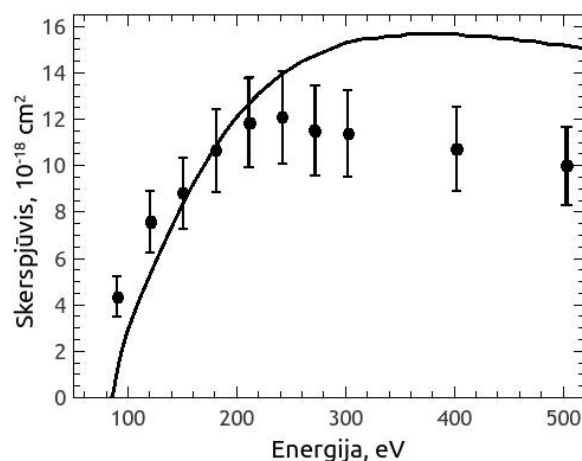
Tiesioginės dvigubos jonizacijos elektronais atveju buvo parodyta, kad šią problemą nagrinėjant kaip kelių vienas po kito vykstančių procesų visumą gaunamas geras atitikimas su eksperimentų duomenimis [2]. Todėl šis artinys buvo pritaikytas ir tiriant  $Se^{2+}$  jono dvigubą jonizaciją elektronu.

$Se^{2+}$  jono netiesioginės jonizacijos iš  $3d$  sluoksnio (nustatyta, kad jonizacijos iš šio sluoksnio indėlis į netiesioginės dvigubos jonizacijos procesą yra didžiausias) skerspjūviai pateikti 1 pav. Iš šio paveikslo matyti, kad esant didesnėms kritusio elektrono energijoms suskaičiuotų skerspjūvių vertės yra didesnės, nei eksperimentinės  $Se^{2+}$  jono dvigubos jonizacijos skerspjūvių vertės.

Svarbu tai, kad po jonizacijos-jonizacijos proceso iš  $Se^{2+}$  jono  $3d$  sluoksnio susidariusi  $Se^{4+}$  jono  $3d^9 4s 4p^2$  konfigūracija gali suirti vykstant autojonizacijai, kadangi šios konfigūracijos energija yra didesnė nei trigubos jonizacijos slenkstis. Todėl į šį procesą būtina atsižvelgti vertinant dvigubos jonizacijos skerspjūvius.

Taikant vienas po kito vykstančių procesų artinį gauta trigubos jonizacijos skerspjūvių maksimali vertė

yra apie 2 kartus didesnė nei eksperimentinių skerspjūvių [3] maksimali vertė. Tačiau šiuose skaičiavimuose nebuvo atsižvelgta į lygmenų, susidariusių po pirmojo jonizacijos proceso, užpildas. Ankstesnių tyrimų metu buvo nustatyta, kad dvigubos jonizacijos elektronais skerspjūvių skaičiavimuose taikant kelių vienas po kito vykstančių procesų artinį neatsižvelgus į lygmenų užpildas gaunamos ženkliai didesnės teorinės skerspjūvių vertės, lyginant su eksperimentinėmis vertėmis. Todėl tikėtina, kad tolesnių tyrimų metu įtraukus lygmenų užpildas bus gautas žymiai geresnis atitikimas su eksperimentinėmis skerspjūvių vertėmis. Tai padės tiksliau įvertinti tiek trigubos, tiek dvigubos jonizacijos skerspjūvius.



1 pav.  $Se^{2+}$  jono netiesioginės dvigubos jonizacijos elektronu iš  $3d$  sluoksnio skerspjūviai. Juoda linija -  $Se^{2+}$  jono netiesioginės jonizacijos iš  $3d$  sluoksnio skerspjūviai; taškai su paklaidų ribomis -  $Se^{2+}$  jono dvigubos jonizacijos elektronais eksperimento duomenys [3].

*Reikšminiai žodžiai: jonizacija elektronu, tiesioginė dviguba jonizacija, netiesioginė dviguba jonizacija, autojonizacija*

#### Literatūra

- [1] M. S. Pindzola, S. D. Loch. J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **49**, 125202 (2016)
- [2] V. Jonauskas, A. Pranciškevičius, Š. Masys ir A. Kynienė, Phys. Rev. A **89**, 052714 (2014).
- [3] G. A. Alnawashi, N. B. Aryal, K. K. Baral, C. M. Thomas ir R. A. Phaneuf, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **47**, 135203 (2014).