

Ar²⁺ jono jonizacija elektronais

Electron-impact ionization of Ar²⁺

Aušra Kynienė, Valdas Jonaukas

Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius
ausra.kyniene@tfai.vu.lt

Argonas, vienas iš gausiausiai paplitusių cheminių elementų visatoje: Ar linijos aptinkamos planetinių ūkų centrinėse žvaigždėse, baltosiose nykštukėse ir saulės vainike [1-3]. Modeliuojant linijų formavimąsi spektruose svarbu nustatyti krūvio pasiskirstymą plazmoje. Krūvio pasiskirstymą plazmoje nulemia du pagrindiniai procesai – tiesioginė jonizacija ir rekombinacija.

Ekspirimentiniai jonizacijos skerspjūvių matavimai Ar²⁺ jonui buvo atlikti, tačiau matavimų duomenys skyrėsi esant didesnėms susidūrimų energijoms ir eksperimentų skirtumo priežastys nebuvo identifikuotos. Skirtumas buvo siejamas su metastabilių būsenų buvimu jonų pluoštelyje.

Teoriniai skaičiavimai buvo pagrįsti pusiau empyriniais metodais. Loch ir kt. [4] buvo atlikti skaičiavimai viengubos jonizacijos pilnųjų skerspjūvių iškraipytųjų bangų artinyje nagrinėjant šuolių tarp konfigūracijų. Gautas geras sutapimas su eksperimentiniais jonizacijos skerspjūviais prie didelių elektrono energijų. Tačiau eksperimentiniai skerspjūviai buvo didesni ties maksimalia jonizacijos skerspjūvių verte nei gauti teoriniai skaičiavimai.

Šiame darbe buvo nagrinėta Ar²⁺ tiesioginė jonizacija (TJ) bei sužadninimai elektronais su po to sekančia autojonizacija (SA) iš pagrindinės 3s²3p⁴ konfigūracijos visų lygmenų iškraipytųjų bangų artinyje. Naudotos pataisytos Ar³⁺ lygmenų energijos, kad jos sutaptų su NIST pateiktomis energijų vertėmis.

Energijos lygmenys, elektrinių dipolinių šuolių ir Ožė šuolių tikimybės, kaip ir sužadninimo elektronais ir jonizacijos skerspjūviai buvo apskaičiuoti FAC paketu, kuriame realizuotas Dirako-Foko-Slaterio artinys [5]. Skerspjūviai buvo tyrinėti iškraipytųjų bangų ir vienkonfigūraciniame artiniuose.

Tiriant tiesioginę jonizaciją buvo nagrinėjama jonizacija iš 3s ir 3p sluoksnių. Sažadninimai elektronais tirti iš pagrindinės konfigūracijos 3s ir 3p sluoksnių :

$$3s^2 3p^4 + e \rightarrow \begin{cases} 3s^1 3p^5 + e, \\ 3s^1 3p^4 3d + e, \\ 3s^1 3p^3 nl + e, \end{cases} \quad (1)$$

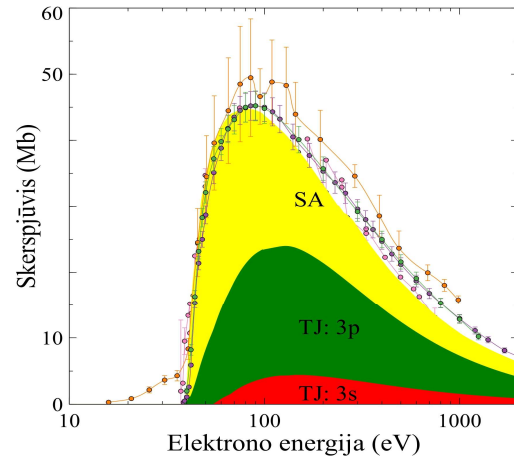
ir

$$3s^2 3p^4 + e \rightarrow \begin{cases} 3s^2 3p^3 3d + e, \\ 3s^2 3p^3 nl + e, \end{cases} \quad (2)$$

kur $n \leq 25$ ir $l \leq 4$. Įvertinti elektriniai dipoliniai ir Ožė šuoliai iš visų nagrinėtų 371 sužadintų konfigūracijų. Atsižvelgus į radiacinį slopinimą, sužadninimo-autojonizacijos skerspjūvis mažėja. Rezonansinė

dviguba jonizacija šiame darbe nėra tirta, nes jos indėlis dažnai yra mažesnis už tiesioginę jonizaciją ir sužadninimo – autojonizacijos procesus.

Darbe parodyta, kad sužadninimas iš 3p sluoksniu duoda didelį indelį jonizacijos skerspjūviams prie mažų elektronų energijų. Gauti pilnieji viengubos jonizacijos skerspjūviai gerai sutampa su eksperimentiniais duomenimis (1 pav.). Didžiausią indelį (70%) pilniems jonizacijos skerspjūviams ties maksimumu sudaro tiesioginės jonizacijos skerspjūviai.



1 pav. Tiesioginės jonizacijos ir sužadninimo-autojonizacijos indėlis pilniems jonizacijos skerspjūviams. Spalvotais apskritimais pavaizduoti eksperimentiniai duomenys [6-9].

Reikšminiai žodžiai: jonizacijos skerspjūviai, argonas, jonizacija, sužadninimai.

Literatūra

- [1] K. Werner, et al., A&A **466**, 317-322 (2007).
- [2] G. Del Zanna and T. N. Woods, A&A **555**, A59 (2013).
- [3] G. Del Zanna and E.E. DeLuca, Astrophys. J. **852**, 52 (2018).
- [4] S. D. Loch, et al., Phys. Rev. A **76**, 022706 (2007).
- [5] M. F. Gu, Can. J. Phys. **86**, 675 (2008).
- [6] A. Muller, et al., J. Phys. B: At. Mol. Phys. **13**, 1877-1899 (1980).
- [7] D. W. Mueller, et al., Phys. Rev. A **31**, 2905 (1985).
- [8] K. F. Man, et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **26**, 1365-1378 (1993).
- [9] M. J. Diserens, et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **21**, 2129-2144 (1988).