

Streszczenie

Celem pracy doktorskiej było wyznaczenie rozkładu gęstości ładunku chmury elektronowej (wyznaczenie wzbudzonych stanów) atomów helu powstałych w wyniku przechwyty elektronu przez jon He^+ podczas zderzenia z atomami He w zakresie energii pośrednich. Zakres energii pośrednich obejmuje energie kinetyczne, dla których prędkości są rzędu atomowej jednostki prędkości, czyli porównywalne są z prędkościami „orbitalnymi” elektronów w atomach. Jest to przyczyną dużych trudności w kwantowym opisie takiego zderzenia. Zatem doświadczalne dane dotyczące takich procesów są bardzo cenne w ich zrozumieniu.

Wykorzystując, jako metodę badawczą spektroskopię antykrzyżujących się poziomów zarejestrowano „widma antykrzyżujących się poziomów” dla 6 energii kinetycznych jonów helu: 10, 15, 20, 23, 26 i 29 keV. Pomiarów były wykonane z wykorzystaniem akceleratora liniowego, w którym jony helu wytwarzane były w źródle Penninga. Zderzenie z termicznymi atomami helu i obserwacja wybranej linii widmowej odbywały się w specjalnie skonstruowanej komorze zderzeń. Zderzenie obu wiązek zachodziło w obecności pola elektrostatycznego równoległego lub antyrównoległego do prędkości jonów $^4\text{He}^+$, wytworzonego przez dwie cylindryczne elektrody. Zakładamy, że proces zderzenia i przechwyty elektronu przez jon jest niezależny od słabego zewnętrznego pola elektrycznego. Natężenia linii widmowej (proporcjonalne do obsadzenia stanu wzbudzonego) były rejestrowane w funkcji osiowego pola elektrycznego w zakresie od -30 kVcm^{-1} do $+30 \text{ kVcm}^{-1}$. Obszar obserwacji umiejscowiono poza obszarem zderzeń i ze względu na szybkość obserwowanych emitujących atomów obszar ten miał szerokość 10 mm. Do analizy procesu zderzenia wybrano linię widmową helu $\lambda(1s4l \ ^3\text{D} \rightarrow 1s2p \ ^3\text{P}) = 447,2 \text{ nm}$, która była wyselekcjonowana z widma za pomocą filtra interferencyjnego, o szerokości połówkowej 2 nm. Jako detektor światła wykorzystano fotopowielacz pracujący w reżimie zliczania pojedynczych fotonów. Widma były normowane w stosunku do natężenia wiązki jonów rejestrowanego poprzez puszkę Farady’ a. Aby zapewnić dobrą kolimację wiązek i warunki pojedynczego zderzenia, w układzie doświadczalnym utrzymywano próżnię rzędu 10^{-7} mbara (bez udziału zderzających się wiązek).

Aby znaleźć teoretyczną funkcję natężenia wybranej linii widmowej obliczono natężenia tej linii przy założeniu, że wzbudzony jest wybrany stan atomu helu (sferyczny, paraboliczny) – uzyskano w ten sposób zbiór natężeń bazowych (sygnałów bazowych). Tego typu obliczenia były bardzo złożone i czasochłonne, gdyż stosując prawa mechaniki kwantowej należało uwzględnić ewolucję układu kwantowego (wzbudzonego atomu) w polu elektrycznym i poza nim na odległość makroskopową ponad 20 mm.

Następnie uzyskano teoretyczną funkcję natężenia linii widmowej biorąc odpowiednią kombinację liniową wybranych sygnałów bazowych. Współczynniki kombinacji liniowej uzyskano w procedurze dopasowania najmniejszych kwadratów sygnałów bazowych do zmierzonych widm antykrzyżowania się poziomów. Mając tak wyznaczone stany wzbudzonych atomów helu dla wymienionych 6 energii kinetycznych obliczono względne przekroje czynne na wzbudzenie tych stanów i wyznaczono ich elektryczne momenty dipolowe.

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że średni elektryczny moment dipolowy szybkich atomów He powstałych poprzez przechwycenie elektronu jest niewielki w porównaniu do elektrycznego momentu dipolowego wzbudzonych atomów termicznych, a zwroty ich są przeciwne. Wynik ten pozwala stwierdzić, że oprócz klasycznie rozpatrywanego mechanizmu pułapki Paula istnieją inne procesy wpływające na przechwyt elektronu przez jon helu w zakresie energii pośrednich.

Zatem przedstawiona praca stanowi podstawę do dalszych badań związanych ze zderzeniowym wzbudzeniem atomów i jonów w zakresie energii pośrednich. To z kolei może poszerzyć naszą wiedzę o procesach zachodzących w plazmie i przestrzeni międzygwiazdowej.

Damiński