Моделирование вероятности переходов ионов вольфрама в рамках статистической теории [[1]](#footnote-1)\*)

Демура А.В., Леонтьев Д.С., Лисица В.С., Шурыгин В.А.

НИЦ «Курчатовский институт», [leontievdmitiy@gmail.com](mailto:leontievdmitiy@gmail.com)

В современных термоядерных установках в качестве конструкционных материалов используется вольфрам, который неизбежно попадет в разряд плазмы. Из-за большого зарядового числа радиационные потери плазмы на примеси вольфрама достаточно велики, что может привести к коллапсу и срыву разряда [1]. Поэтому проблема мониторинга плотности вольфрама является важным пунктом в диагностике плазмы современных токамаков и стеллараторов.

При рабочих электронных температурах в термоядерных установках (порядка нескольких кэВ) излучение плазмы от ионов вольфрама образует квазиконтинуум [2], сформированный линиями переходов 4d-4f и 4p-4d. Цель работы - получить в рамках статистической модели огибающие величин вероятностей массива спектральных линий, рассчитанных с помощью квантовомеханических кодов в работе [2] и представленных в виде дельтаобразных распределений по длинам волн *gА*(*λ*) для различных электронных конфигураций.

В статистической модели предполагается, что возбуждение ионов, как и излучение, носит коллективный характер и возникает с плазменными частотами, определяемыми локальным распределением электронной плотности в ионе , где  *e* – заряд электрона, *me* – его масса, *n(r)* – распределение электронной плотности. Также, используя известное правило суммирования Райхе-Куна, можно связать эффективные силы осцилляторов *fij* с распределением электронной плотности *fij*=*4πn(r)r*2*dr*, с нормировкой на число электронов на рассматриваемой оболочке. Таким образом, в статистическом приближении скорости радиационно-столкновительных процессов являются функционалами распределения локальной электронной плотности в ионе, что допускает их универсальное описание [3]. Использовано распределение электронной плотности Слэтера , где нормировочная константа *NSl* - число эквивалентных электронов, , *Ip* – потенциал ионизации и *k* - параметр, определяемый из экспериментальных данных. Для расчета вероятностей радиационных переходов мы отталкиваемся от выражения для безразмерной вероятности радиационных переходов *а*(*ω*), которая выражается через сечение фотопоглощения *σ*(*ω*) как . Это сечение *σ*(*ω*), в свою очередь, может быть рассчитано в статистической модели [3]. Тогда, после подстановки *σ*(*ω*) из [3] и интегрирования по частоте с переменным верхним пределом (текущее *ω*), получим распределение вероятности переходов в шкале длин волн. Полученный результат, умноженный на статистический вес начального состояния *g*=(2*j*+1), показал хорошее совпадение с данными квантовомеханических расчетов [2].

Литература

1. Pütterich T., Dux R., Neu R., Bernert M. et al., Plasma Phys. Control. Fusion **55** (2013) 124036
2. Harte C. S., Suzuki C., Kato T., Sakaue H.A. et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **43** (2010) 205004
3. Demura A.V., Kadomtsev M.B., Lisitsa V.S., Shurygin V.A. HEDP **15** (2015) 49

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Cm/en/KF-Leontiev_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)