

## Расчёты непрозрачностей плотной плазмы по модели Либермана

В.Г. Новиков<sup>1</sup>, П.А. Лобода<sup>2</sup>, А.Д. Соломянная<sup>1</sup>, А.А. Овечкин<sup>2</sup>,  
С.А. Грушин<sup>1</sup>, В.В. Попова<sup>2</sup>, А.А. Шадрин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН*

<sup>2</sup>*Российский Федеральный ядерный центр — Всероссийский Научно-Исследовательский  
Институт Технической Физики им. акад. Е.И. Забабахина*

Для решения различных задач радиационной газовой динамики в исследованиях по физике плазмы большое значение имеют разработка и реализация физических моделей, позволяющих в рамках единого подхода вычислять термодинамические, оптические и транспортные свойства плотного ионизованного вещества. В данной работе на основе программы RESEOS [1], позволяющей вычислять уравнения состояния различных веществ по модели Либермана [2] в широком диапазоне температур и плотностей, разработан алгоритм расчёта пробегов фотонов в плотной плазме.

Вычисление сечений поглощения фотонов в спектральных линиях и фотоионизационных континуумах проводится с помощью эффективного учёта флуктуации чисел заполнения атомных подоболочек [3-6]. Сечения фотопереходов между состояниями континуума вычисляются с использованием численных волновых функций, а при достаточно высоких энергиях состояний — в приближении Крамерса.

В работе показано, как при увеличении плотности вещества и соответственном исчезновении уровней энергии из дискретного спектра сечение поглощения в линиях для одноэлектронного перехода плавно переходит в сечение фотоионизации благодаря появлению резонанса плотности состояний в непрерывном спектре. Приводятся результаты расчётов коэффициентов поглощения, усреднённых по Росселанду, для бериллия, алюминия, золота и гольмия, которые сравниваются с результатами, полученными по модифицированной модели Хартри-Фока-Слэтера [7] (код THERMOS); по модели STA [6], по модели Либермана, реализованной в коде EOSTA [8,9], и по химической модели, реализованной в коде Spectr-STA [10,11].

1. Овечкин А.А., Новиков В.Г., Грушин А.С. *RESEOS — уравнение состояния по модели ограниченного атома. II* Научно-координационная сессия «Исследования неидеальной плазмы», М, 2009. <http://www.ihed.ras.ru/npp2009/pres/ovechkin.pdf>
2. A.D. Liberman. Phys. Rev. B **20**, 4981 (1979).
3. J. Stein, D. Shalitin, A. Ron. Phys. Rev. A **31**, 446 (1985).
4. В.В. Драгалов, В.Г. Новиков. ТВТ, **24**, 1057 (1987).
5. В.В. Драгалов, А.Ф. Никифоров, В.Г. Новиков, В.Б. Уваров и др. Физика плазмы, **16**, 77 (1990).
6. A. Bar-Shalom, J. Oreg, W.H. Goldstein, D. Shvarts, A. Zigler. Phys. Rev. A **40**, 3183 (1989).
7. А.Ф. Никифоров, В.Г. Новиков, В.Б. Уваров. ВАНТ: Методики и программы численного решения задач математической физики, **4(6)**, 16 (1979).
8. A. Bar-Shalom, J. Oreg, M. Klapisch. JQSRT **99**, 35 (2006).
9. A. Bar-Shalom, J. Oreg. HEDP **3**, 12 (2007).
10. P.A. Loboda, D.S. Netsvetayev, V.V. Popova, L.B. Samolovskikh. J. Phys. A: Math. Gen., **39**, 4781-4786 (2006).
11. P.A. Loboda, A.A. Shadrin, and V.V. Popova. Contrib. Plasma Phys. **49**, 738-747 (2009).