Численное исследование теплофизических и оптических свойств плазмы в широком диапазоне температур и плотностей

В.В. Шумаев1, С.В. Рыжков1, В.В. Кузенов1,2

1МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия, [shumaev@student.bmstu.ru](mailto:shumaev@student.bmstu.ru)  
2Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, Россия,  
 [vik.kuzenov@gmail.com](mailto:vik.kuzenov@gmail.com)

При решении задач физики плазмы, управляемого термоядерного синтеза, астрофизики, высокоскоростной аэродинамики, а также при разработке плазменных технологий требуется описывать свойства различных веществ или их смесей в широком диапазоне температур и плотностей: 103 < *Т* < 108 К, 10–3 < ρ < 103 г∙см–3. Приемлемой точности такого описания можно достичь за счёт сшивки решений, полученных на основе моделей ионизационного равновесия (уравнения Саха) [1, 2] и Томаса-Ферми [2–5]. Модель ионизационного равновесия позволяет описать достаточно точно степень ионизации плазмы, её термодинамические (давление, удельная внутренняя энергия и энтропия) и оптические (коэффициенты поглощения и рассеяния) свойства для плотностей ρ ~ 1 г∙см–3 и ниже. В свою очередь, модель Томаса-Ферми даёт хорошие результаты при высоких плотностях ρ > 1 г∙см–3. В качестве критерия для сшивки используется отношение объема ионного остова (ядра с окружающими его электронами внутренних оболочек) к объёму атомной ячейки [2].

Получены зависимости от температуры и плотности давления, удельной внутренней энергии и энтропии алюминия, вольфрама, золота, а также смеси, соответствующей составу атмосферы Марса. Также для вышеперечисленных веществ и смеси определены коэффициенты поглощения и рассеяния.

Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки Российской Федерации № 13.79.2014/K.

Литература

1. Термодинамические свойства, спектральные и средние коэффициенты поглощения многокомпонентных газов в широком диапазоне параметров / Романов Г.С. [и др.]. Минск. 1993. 34 с. (Препринт Института тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова, АН Беларуси, № 6).
2. Луцкий К.И. Широкодиапазонная модель термодинамики газовой и жидкой плазмы: дис. ...канд.физ.-мат.наук. Москва. 2015. 138 с.
3. Dyachkov S., Levashov P. // Phys. Plasmas. 2014. V. 21. 052702.
4. Никифоров А.Ф., Новиков В.Г., Уваров В.Б. Квантово-статистические модели высокотемпературной плазмы и методы расчёта росселандовых пробегов и уравнений состояния. М.: Физматлит, 2000.
5. Kuzenov V. V., Ryzhkov S. V., Shumaev V. V. // Problems of Atomic Science and Technology. 2015. No. 4 (98). P. 53-56.