

О термосиле, действующей на пылевую частицу в полностью ионизированной плазме

А.А. Степаненко¹, Р.Д. Смирнов², В.М. Жданов¹, С.И. Крашенинников²

¹ НИЯУ «МИФИ», Москва, Каширское шоссе, 31, 115409

² University of California San Diego, La Jolla, California 92093, USA

Динамика пылевых частиц играет важную роль в различных плазменных средах [1,2]. Среди различных сил, действующих на пылевую частицу, выделяют силу сопротивления, возникающую за счет обмена импульсом между частицами плазмы и пылевой частицей. Одной из составляющих этой силы является термосила, обусловленная наличием градиентов температуры компонент плазмы.

В лабораторных экспериментах по пылевой плазме [1,2], при низких температуре и степени ионизации плазмы, обычно рассматривается термосила, вызванная нейтральными частицами. Однако недавно динамика пылевых частиц в термоядерных устройствах привлекла значительное внимание исследователей. Для описания динамики пылевой частицы в термоядерной установке необходимо учитывать различные силы, включая термосилу. В горячей термоядерной плазме степень ионизации высока, градиенты температуры компонент плазмы могут быть значительными, так что вклад заряженных частиц в величину термосилы становится преобладающим.

Выражения для термосилы, действующей на ион, хорошо известны [3]. Однако, в отличие от ионов, пылевая частица обладает конечными размерами и, таким образом, испытывает не только кулоновские столкновения с ионами и электронами плазмы, но и столкновения, приводящие к поглощению заряженных частиц. Общее выражение для расчета термосилы имеет вид:

$$\vec{F}_{dj} = m_j \int d^3\vec{v} \sigma_{dj}(\vec{v}) \vec{v} \vec{v} f_j(\vec{v})$$

где m_j , $f_j(\vec{v})$ - масса и функция распределения частиц сорта «j» соответственно, \vec{v} - относительная скорость частицы и пыли, $\sigma_{dj}(\vec{v})$ - сечение столкновения частиц сорта «j» и пыли.

В настоящей работе были получены выражения для ионной и электронной термосил и электронной силы трения, действующих на сферическую пылевую частицу в замагниченной полностью ионизированной плазме. Функция распределения частиц компонент плазмы при этом была взята в приближении 21N моментов метода Грэда. Кроме того, считалось, что пылевая частица имеет отрицательный либо небольшой положительный заряд, а её радиус много меньше ларморовского радиуса ионов и электронов [3]. Рассмотрены вклады в величины этих силы кулоновских столкновений и столкновений, приводящих к поглощению частиц. Было получено, что в зависимости от размера пылевой частицы может преобладать та или иная компонента термосилы. Для пылевых частиц, радиус которых больше радиуса Дебая, преобладает компонента термосилы, связанная с поглощением частиц. В противном случае преобладает компонента, связанная с кулоновским рассеянием частиц плазмы. Кроме того, было показано, что найденные силы могут играть важную роль в динамике пылевых частиц лишь в термоядерных устройствах с дозвуковым течением плазмы.

Доклад подготовлен на основе материалов одноименной статьи «On the thermal force acting on dust grain in fully ionized plasma» [4].

Литература.

1. P. K. Shukla and A. A. Mamun, Introduction to Dusty Plasma Physics (Institute of Physics, Bristol, 2002).
2. Complex and Dusty Plasmas, edited by V. E. Fortov and G. E. Morfill, (CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, 2010).
3. S. A. Khrapak, A. V. Ivlev, S. K. Zhdanov, and G. E. Morfill, Phys. Plasmas 12, 042308 (2005).
4. A.A. Stepanenko, R.D. Smirnov, V.M. Zhdanov, S.I. Krasheninnikov, Phys. Plasmas 18, 033702 (2011).