

Пылевая плазма в условиях микрогравитации: результаты экспериментов на Международной космической станции

А.М. Липаев¹, В.И. Молотков¹, В.Н. Наумкин¹, О.Ф. Петров¹, В.Е. Фортов¹, Г. Морфилл²,
Х. Томас², А.В. Ивлев², С.А. Храпак^{1,2}, М. Швабе², О.В. Котов³, А.А. Скворцов³,
С.А. Волков³, М.С. Кудашкина⁴, А.Ю. Калери⁴, А.И. Иванов⁵,

¹Объединенный институт высоких температур РАН, Москва

²Институт внеземной физики Общества М.Планка, Гархинг, Германия

³Центр подготовки космонавтов им. Ю.А.Гагарина, Звездный

⁴Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П.Королева, Королев

⁵Центральный научно-исследовательский институт машиностроения, Королев

Представлен обзор результатов исследований физики пылевой плазмы в условиях микрогравитации с помощью уникальной экспериментальной установки «Плазменный кристалл-3 Плюс» («ПК-3 Плюс»), работающей на Российском сегменте Международной космической станции с января 2006 г. Использование установки «ПК-3 Плюс» позволяет получить новые сведения о свойствах пылевой плазмы. Область, свободная от микрочастиц, образующаяся в центре разряда, препятствует получению однородной и изотропной плазменно-пылевой системы. В «ПК-3 Плюс» закрытие центральной зоны возможно выполнить тремя способами: 1) уменьшением мощности высокочастотного разряда до минимально возможных значений; 2) использованием симметричного газового потока; 3) воздействием внешним низкочастотным электрическим полем. Последний способ был использован для осуществления фазового перехода от изотропной жидкостной плазменно-пылевой системы к так называемой электрореологической плазме. Переход является изотропным и полностью обратимым. Другое интересное явление – взаимопроникновение двух облаков частиц различного размера. В этих экспериментах первоначально формируется структура, состоящая из частиц диаметром 14,9, 9,19 или 6,8 мкм. Затем в сформировавшуюся структуру инжектируются частицы меньшего диаметра. Когда скорость проникающих частиц достаточно велика, наблюдается формирование проходов и цепочек (lane formation). Наблюдаемое явление представляет собой неравновесный переход, зависит от особенностей и динамики взаимодействия частиц и представляет интерес для различных областей физики. Экспериментальная установка «ПК-3 Плюс» позволяет провести исследование перехода жидкость-кристалл в большой (более миллиона сильнозаряженных пылевых частиц) трехмерной плазменно-пылевой системе. Выполнены эксперименты, свидетельствующие о наблюдении перехода от плазменного кристалла к плазменной жидкости. При снижении давления плазменно-пылевая система кристаллизуется. При дальнейшем повышении давления наблюдается плавление плазменно-пылевой системы. Наблюдаемое поведение большой трехмерной плазменно-пылевой системы противоположно поведению двухмерной плазменно-пылевой системы. Выполнены эксперименты по обнаружению фронта кристаллизации в трехмерной пылевой плазме.