

## **Раздел 4. МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

### **4.1 Разработка теоретической модели стохастических процессов заряда пылевых частиц реголита и их левитации в условиях плазменно-пылевой приповерхностной экзосферы Луны**

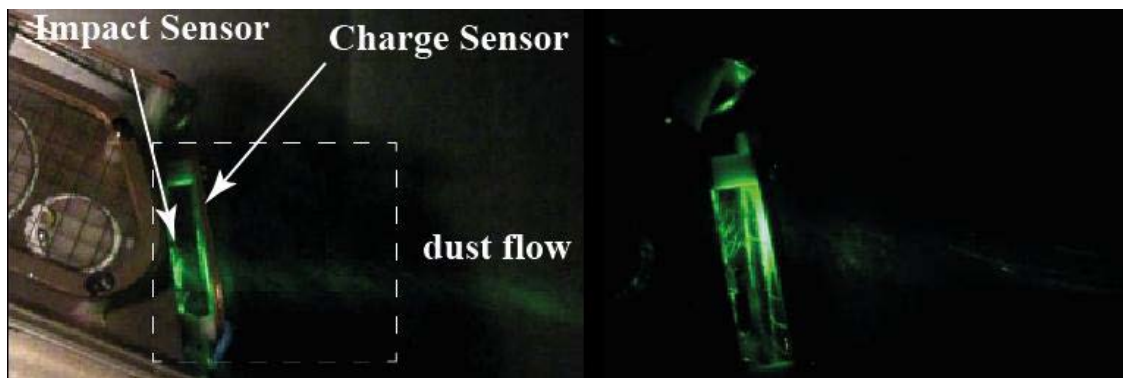
Пылевые частицы, находящиеся на непроводящей поверхности лунного реголита в условиях плазмы и ультрафиолетового облучения, приобретают электрический заряд, могут оторваться от поверхности и левитировать. Отрыв пылевых частиц от поверхности должен происходить, когда электростатические силы их отталкивания  $F_c$  превысят сумму сил тяготения  $F_g$  и адгезии van der Waals  $F_{vdw}$ , действующих на частицу на непроводящей поверхности. При этом обычно возникает парадоксальная ситуация: три основные силы разной природы  $F_c$ ,  $F_g$  и  $F_{vdw}$ , действующие на пылинку с характерным размером порядка сотен или тысяч нанометров, совершенно несопоставимы по величине  $F_{vdw} \gg F_g \gg F_c$ . В последнее десятилетие предпринимались многочисленные попытки объяснить, каким образом частица, лежащая на непроводящей поверхности, могла бы приобрести заряд, достаточный чтобы действующая на нее электростатическая сила приблизилась по величине к силам ван дер Вальса. Однако, несмотря на некоторые успехи, многие вопросы остаются открытыми. В серии работ представлен анализ процесса возникновения заряда на уединенной и лежащей на поверхности пылинке. Показано, что для объяснения как отрыва пылинки от поверхности под действием электростатических сил, так и накопления на ней заряда, достаточного для левитации, необходим учет флуктуаций зарядовой плотности на поверхности. Хотя физическая картина этих флуктуаций в достаточной мере ясна, пока отсутствует математическая теория, которая позволила бы вычислять функцию распределения флуктуирующих областей по размеру, величине заряда и времени жизни.

Учет зарядовых флуктуаций позволяет в принципе решить обе основные проблемы, которые стояли при объяснении отрыва частиц от поверхности: (1) как микроскопическая пылинка, лежащая на поверхности, может накапливать заряд в десятки или сотни единиц заряда, необходимые для отрыва частиц от поверхности? и (2) каким образом эта частица, обладающая необходимым зарядом способна преодолеть силы адгезии, которые превышают ее гравитацию в тысячи и миллионы раз? Оторвавшись от поверхности в сильном локальном флуктуирующем электрическом поле, частица попадает в слабое поле двойного слоя над поверхностью. Простые оценки показывают, что этот механизм способен обеспечить возникновение сил отталкивания, по порядку величины сравнимых с силами ван дер Вальса.

Кроме чисто научного интереса, необходимость дальнейшего продвижения в этом направлении связана с двумя важными техническими проблемами. С одной стороны, уже теперь очевидно, насколько сильно левитирующая пыль может осложнить исследование безатмосферных планет. С другой стороны, все ускоряющаяся миниатюризация большинства технических устройств настоятельно требует разработки новых и совершенствования существующих методов электростатической очистки поверхностей от пыли.

### **4.2 Моделирование процессов переноса грунта в приповерхностных слоях атмосферы планетных тел**

1) Выполнено моделирование процессов переноса грунта в приповерхностных слоях атмосферы планетных тел. Экспериментальное моделирование процессов переноса проводилось с помощью как аэродинамической трубы, так и инжектора в вакуумной камере. Аэродинамическая труба позволяла создавать воздушный поток со скоростью, изменяющейся в диапазоне от 0 до 5.5 м/с. Пылевые частицы по форме и размеру аналогичные лунному и марсианскому грунтам инжектировались в поток. Размер частиц изменялся в диапазоне от 20 до 150 мкм. Регистрация импульса частиц проводилась с помощью ударных сенсоров проборов, входящих в состав лунных и марсианских миссий, а также их лабораторные прототипов. Экспериментальные данные позволили рассчитать массоперенос, получить распределение пылевых частиц по скоростям, и определить их энергию.



Фотография потока пылевых частиц вблизи ударного сенсора одного из приборов. Рассеянный пылинкой свет лазера фиксировался с помощью скоростной CCD видео камеры с пространственным разрешением  $960 \times 720$  пикселей.

2) Проведено физическое моделирование левитации пылевых микрочастиц различного материала и размера у поверхности безатмосферных тел на основе разработанной экспериментальной установки. Был разработан и реализован алгоритм обработки изображений, полученных стереосистемой камер, с траекториями левитирующих частиц для получения параметров частиц. На основе обработанных экспериментальных изображений было получено распределение пылевой составляющей по зарядам в зависимости от их материала и размера.

