

Процессы зарядки пылевых частиц в протопланетных дисках

Т.И. Морозова
ИКИ РАН



Зарядка пылевых частиц

Токи, действующие на частицу

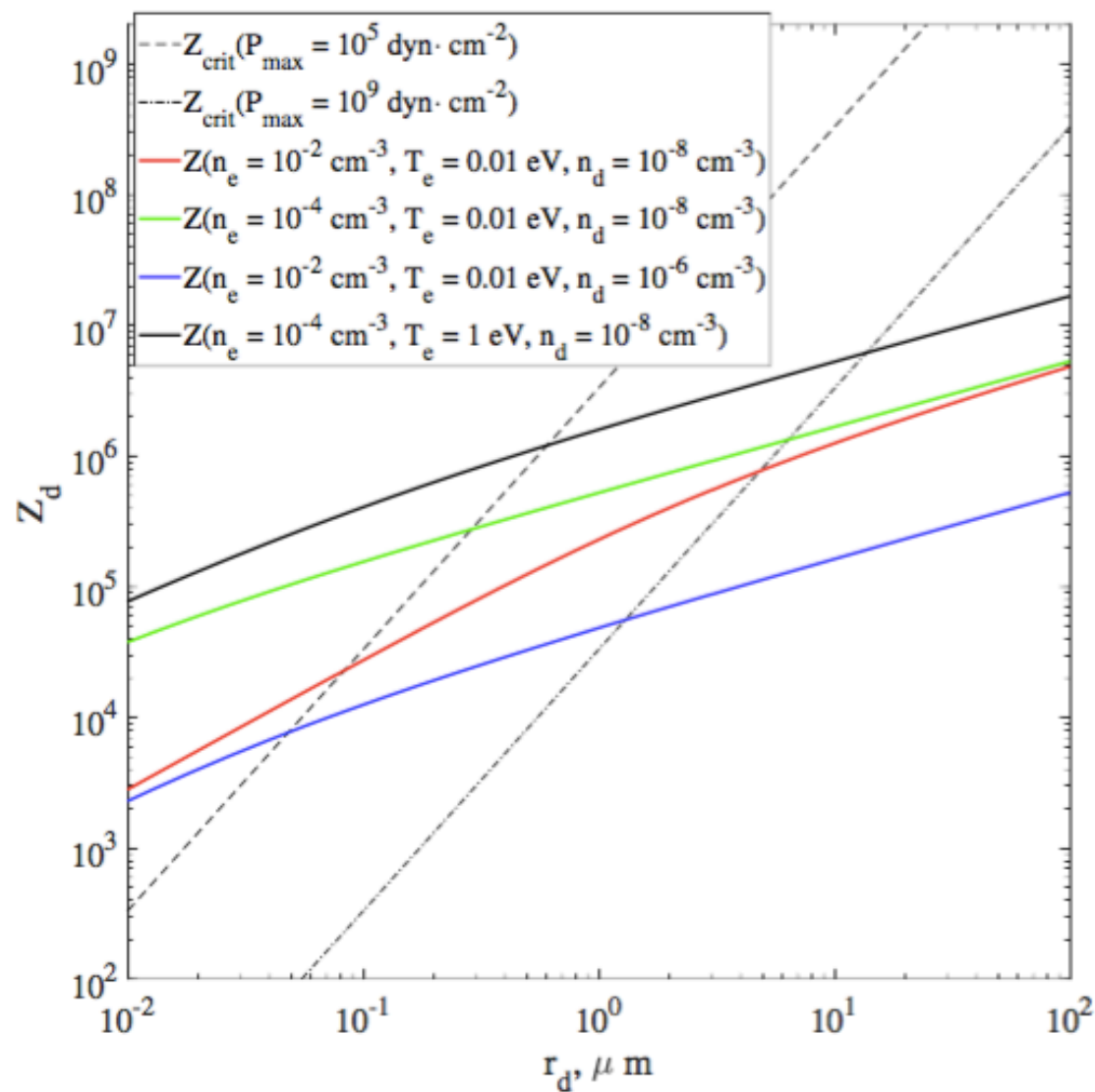
$$I_{ph} + I_e + I_{eph} = 0.$$

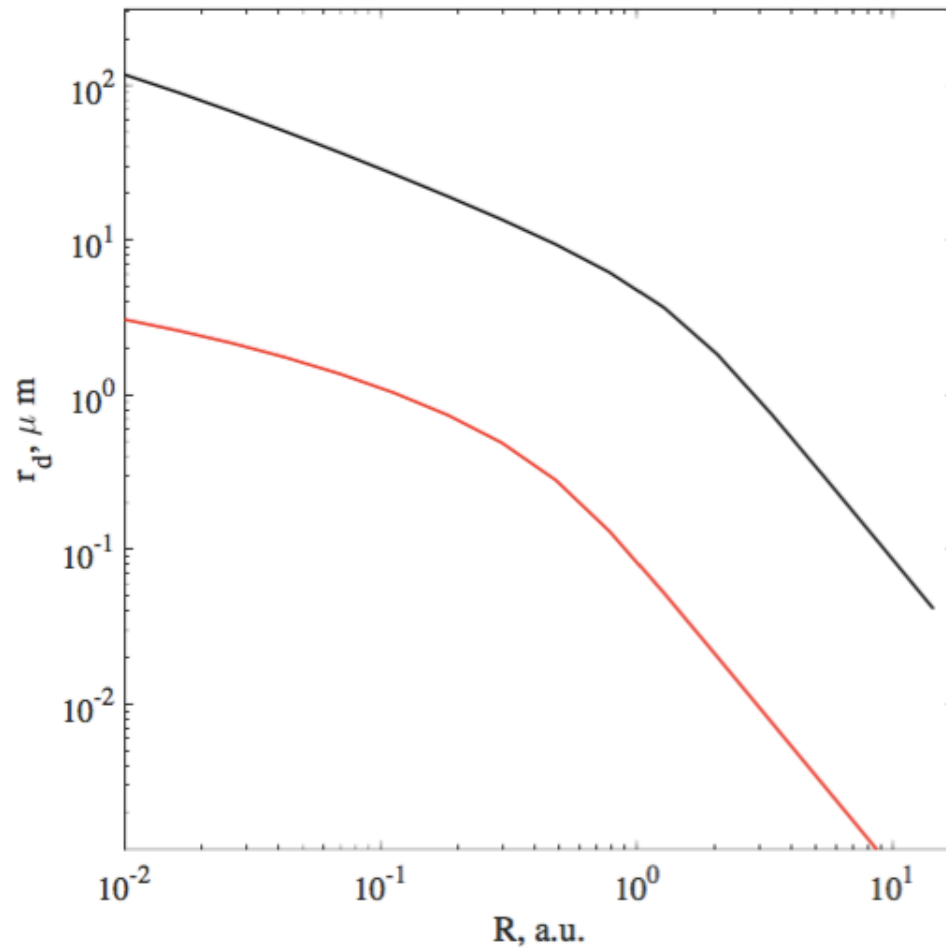
- Если заряд пылинки превосходит

$$Z_d > \frac{r_d^2}{e} \sqrt{8\pi P_{\max}}$$

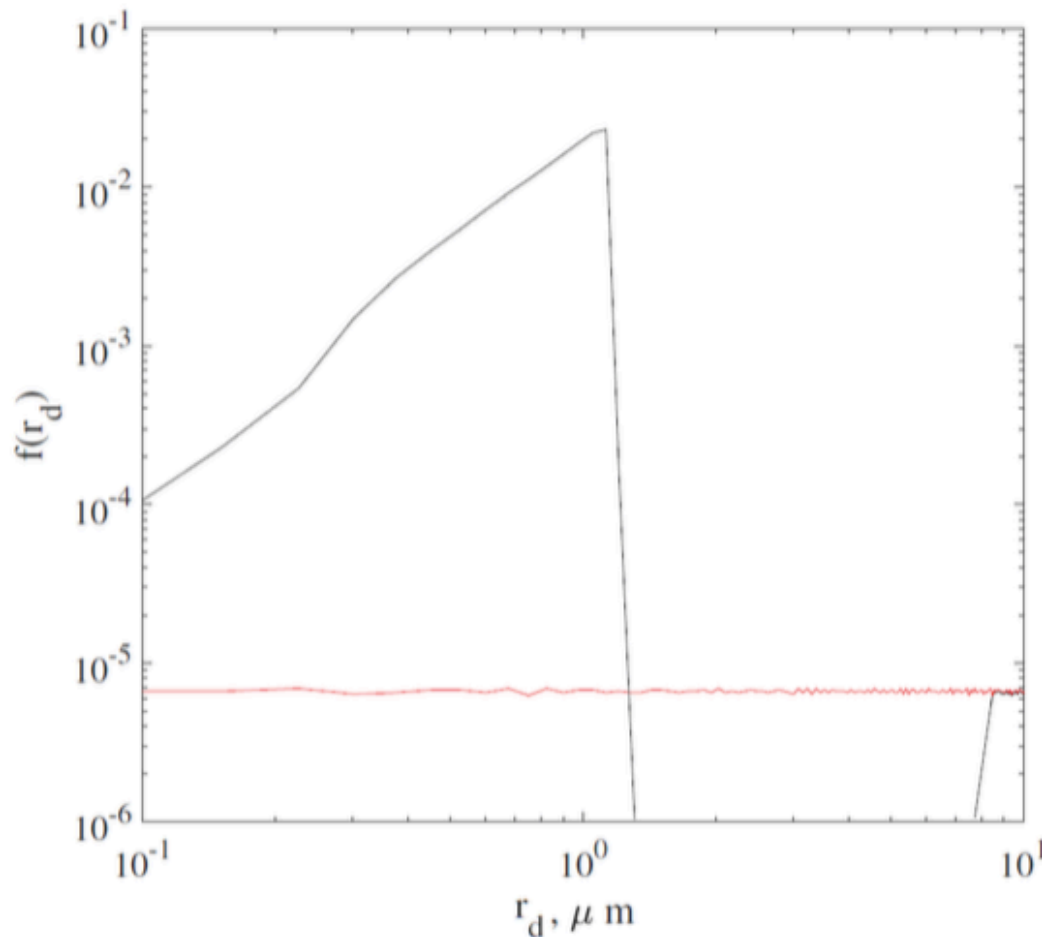
элементарных зарядов, то электростатическое давление превышает предел прочности и создаются условия для кулоновского взрыва. Рассматриваются атмосферы протопланетных дисков.

- Характерный заряд пылинок на расстоянии 1 а.е., при светимости
- $L = 10^{30}$ эрг/с для различных условий в окружающей плазме





- Критический радиус пылинок в зависимости от расстояния от протозвезды. Черная кривая соответствует пределу прочности $P_{\max} = 10^5$ дин/см² (составные пылинки). Красная кривая соответствует $P_{\max} = 10^9$ дин/см². Остальные параметры: $T_e = 1$ эВ, $n_e = 10^{-2}$ см⁻³, $n_d = 10^{-8}$ см⁻³, $L = 10^{30}$ эрг/с



- Черной кривой изображен результат Монте-Карло моделирования эволюции изначально равномерной (красная кривая) в интервале $[0.1, 10]$ мкм функции распределения пыли по размерам $f(r_d)$ в результате каскадного разрушения частиц кулонов-ским взрывом. Начальные параметры плазма-пылевой среды: $T_e = 1$ эВ, $n_e = 1 \text{ см}^{-3}$, $n_d = 10^{-8} \text{ см}^{-3}$, $L = 10^{30}$ эрг/с, $R = 1$ а.е. В конечном состоянии число пылевых частиц возросло более, чем в 100 раз.

ВЫВОДЫ

Показано, что во внутренних слоях атмосфер протопланетных дисков кулоновский взрыв может приводить к разрушению графитовых и силикатных пылинок микронных и субмикронных размеров, а также ледяных частиц. Особенно подвержены разрушению частицы, образовавшиеся в результате предшествующего слипания, с относительно низким пределом прочности.

Процесс разрушения может иметь каскадный характер и приводить к ряду интересных физических эффектов. Распределение пыли по размерам будет иметь бимодальный характер, представляя собой сумму двух фракций: фракции мелких частиц субмикронного размера и фракции крупных частиц с размерами в несколько микрометров. Отмечается, что из-за быстроты процесса зарядки разрушение частиц высокоэнергичным излучением может быть особенно эффективно во время фаз вспышечной активности протозвездного объекта.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-2001.2021.6.