

Оценка характерной частоты колебаний макрочастиц в квазидвумерных пылевых системах

К.Г. Адамович¹, О.С. Ваулина², К.Б. Стаценко¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт теплофизики экстремальных состояний ОИВТ РАН

Пылевая плазма - ионизированный газ с пылевыми частицами микронных размеров. Эксперименты по изучению свойств пылевой плазмы проводятся, в основном, в газовых разрядах, где неэмитирующие макрочастицы приобретают отрицательный заряд величиной $eZ_p \sim 10^3-10^5 e$ и могут формировать пылевые структуры (подобные жидкости или твердому телу).

Одним из параметров, описывающих систему пылевых частиц, является характерная частота колебаний частиц ω_c . В данной работе производится оценка этой частоты из экспериментальных данных.

Рассмотрим движение макрочастицы в узле воображаемой кристаллической решетки. Если возвращающую силу $F_r = -\omega_c^2 x_j$, действующую на частицу в этой решетке, можно характеризовать одной характерной частотой ω_c , уравнение ее движения в поле действия такой силы можно записать в виде [1]

$$M \frac{d^2 x_j}{dt^2} = -M \nu_{fr} \frac{dx_j}{dt} - 2\omega_c^2 x_j^2 + 2M \left(\frac{dx_j}{dt} \right)^2 + 2x_j F_{ran},$$

где M – масса частицы, ν_{fr} - коэффициент трения, F_{ran} - некоторая случайная сила.

В работе [1] было найдено решение для данного уравнения в случае отсутствия корреляции между смещением x_j и случайной силой ($\langle F_{ran} x_j \rangle = 0$) для однородной среды. На основании этого решения в настоящей работе оценивается ω_c .

В данной работе для оценки ω_c используются экспериментальные данные о смещении частиц в квазидвумерной пылевой системе. Эксперимент проводился в газовом вч-разряде, данные были получены при помощи высокочастотной видеокамеры высокого разрешения. В ходе эксперимента варьировались следующие величины: параметр неидеальности Γ^* , давление буферного газа, концентрация частиц.

Также ω_c оценивается непосредственно по параметру Γ^* .

Литература

1. Ваулина О. С., Петров О. Ф., Фортов В. Е. ЖЭТФ (2005)

Estimation of the typical frequency of the macroparticle oscillation in quasi- 2D dusty systems
X.G. Adamovich¹, O.S. Vaulina², K.B. Statsenko¹

¹Moscow Institute of Physics and Technology

²Institute for High Energy Densities

The dusty plasma is an ionized gas containing micron-size charged condensed grains (dust). The most of experimental investigations of dusty plasma properties are performed in weakly ionized plasma of gas discharges. Here the non-emitting grains gain the negative charge, which amounts to $eZ_p \sim 10^3-10^5 e$. The combined effect of the interaction between dust grains and dissipative processes in this plasma can lead to the formation of dust structures (similar to a liquid or to a solid).

One of the parameters, which can be used for the description of the dusty system, is the typical frequency of the macroparticle oscillation ω_c . In the present work we estimate this frequency based on the experimental data.

Consider the motion of the dusty grain in the point of the imaginary crystal lattice. If we can describe a restoring force $F_r = -\omega_c^2 x_j$, that acts on the particle in this lattice, with the help of one characteristic frequency ω_c , its equation of motion can be written in the following way [1]:

$$M \frac{d^2 x_j}{dt^2} = -M \nu_{fr} \frac{dx_j}{dt} - 2\omega_c^2 x_j + 2M \left(\frac{dx_j}{dt} \right)^2 + 2x_j F_{ran}.$$

Here M is the grain mass, ν_{fr} - the friction coefficient, F_{ran} - some random force.

In [1] there was found a solution for this equation in case of absence of correlation between the displacement of particle x_j and the random force ($\langle F_{ran} x_j \rangle = 0$) for homogeneous medium. The estimation of ω_c in the present work is based on this solution.

We use in this examination experimentally gained data about the mean-square displacement of dusty particles in the quasi- 2D systems. The experiments were conducted in the gas RF-discharge, the data were gained with the help of the high-frequency high-resolution video camera. The following parameters were varied during the experiment: the coupling parameter Γ^* , pressure of the buffer gas, the concentration of grains. Also ω_c is estimated based on the coupling parameter Γ^* .

References

1. Vaulina O.S., Petrov O.F., Fortov V.E. JETP (2005)