

Письма в ЖЭТФ, том 14, стр. 158 – 160

5 августа 1971 г.

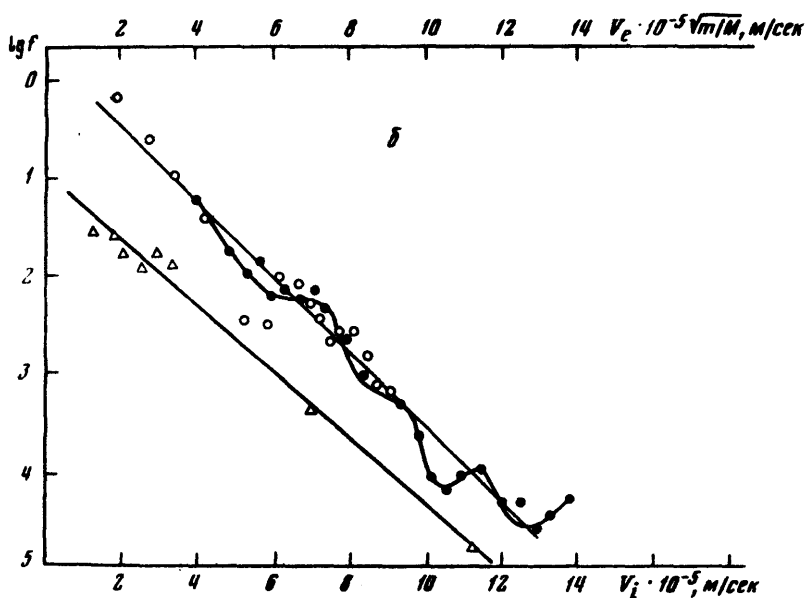
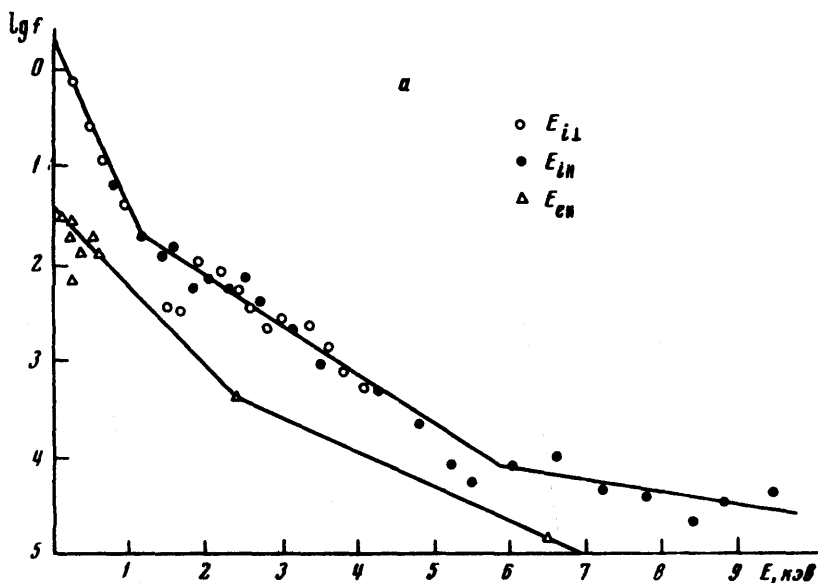
ТОНКАЯ СТРУКТУРА ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ В ПЛАЗМЕ СИЛЬНОТОЧНОГО z-РАЗРЯДА

Т. С. Гостева, В. П. Федяков

В работе исследовались спектры ионов, покидающих плазму сильно-точного z-разряда вдоль поля через пробки, а также нейтралов, выходящих в поперечном к полю направлении.

Условия эксперимента: ток разряда 20 – 40 кА, диаметр плазмы ~ 7 см, продольное поле $H_0 \sim 2$ кэ, начальное давление водорода в камере $p \sim 10^{-4} - 6 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

Спектры ионов отличаются от максвелловских и могут быть аппроксимированы несколькими максвелловскими с различными температурами. При давлениях $p > 10^{-3}$ мм рт. ст. появляется плато.



В бесстолкновительной плазме сильнооточного z -разряда впервые обнаружены отклонения функции распределения f_1 от среднего значения f_0 (фона) аналогичные [2], следующие примерно с равными интервалами Δv (рис. 1), которые могут быть представлены набором встречных пучков с мало отличающимися скоростями. Вероятно эти особенности связаны с раскачкой колебаний на циклотронных гармониках, могущих быть сильными вследствие того, что $H_{\phi \max} \sim H_{z \max}$ и радиус порядка толщины скин-слоя. Эти колебания поглощаются группами резонансных ионов в соответствии с обобщенным фазовым резонансом [3]:

$$v = \frac{\omega - l\omega_c}{k}; \quad l = 0; \pm 1; \pm 2 \dots$$

Здесь ω и k определяются неустойчивостью, приводящей к раскачке колебаний.

Можно найти интервал Δv , с которым следуют возмущения. Для ионно-звуковых колебаний $k = \frac{1}{\lambda_a}$ и

$$\Delta v \sim \frac{\omega_{ci} v_{Te}}{\omega_0} \sim \frac{(H_\phi H_\perp^3 \beta_e)^{1/2}}{4\pi r c} = \frac{v_a^*{}^2}{c} \sqrt{\beta_e}$$

Для ионно-циклотронной неустойчивости $k \sim (\alpha r_{ci})^{-1}$ и

$$\Delta v \sim \alpha \omega_{ci} r_{ci} \sim \alpha v_{Ti} \sim \alpha \left(\frac{H_\phi H_\perp \beta_i}{4\pi r} \right)^{1/2} = v_a^* \alpha \sqrt{\beta_i}$$

Здесь $H_\perp^2 = H_\phi^2 + H_z^2$ и использовано $nT \sim \beta \frac{H_\phi H_\perp}{8\pi}$

Второй случай дает лучшее совпадение с экспериментом при $k = (0,2 r_{ci})^{-1}$.

Для $r = 6 \cdot 10^{-4}$ мж рт. ст. получен ориентировочный спектр электронов, выходящих вдоль поля, позволяющий оценить $T_e/T_i \sim 2$.

Из рис. 1 видно, что отношение

$$b = f_1(v) / f_0(v) \sim 0,2 = \text{const}$$

тогда для стационарного процесса

$$\frac{E^2}{8\pi} \sim \int \frac{Mv^2}{2} f_1 dv \sim \frac{1}{3} b n T_i$$

откуда значение полей турбулентных пульсаций $\tilde{E} \sim 4 \cdot 10^4$ в/см, что близко к значениям, полученным ранее по измерениям штарковского уширения [4].

Условие $b = \text{const}$ и $T_i \sim T_e$ позволяет сделать вывод, что электроны сильно связаны с ионами, имеющими близкие скорости, поэтому толщина скин-слоя $\delta \sim c/\omega_0$, вместо $\delta \sim c/\omega_0$. Учет потерь приводит к увеличению скин-слоя примерно вдвое.

Авторы благодарны всем принявшим участие в обсуждении результатов, особенно Л.В.Дубовому, а также В.Д.Дятлову, и Ю.А.Василевской, предоставившим в наше распоряжение анализатор.

Литература

Поступила в редакцию
21 июня 1971 г.

- [1] Л.В.Дубовой, В.Т.Федяков, В.П.Федякова. ЖЭТФ, 59, 1475, 1970.
- [2] С.М.Левитский, К.З.Муриев. Письма в ЖЭТФ, 12, 172, 1970;
H. Ikesy, T.H. Taylor. Phys. Rev. Lett., 22, №18, 923, 1969.
- [3] Д.А.Франк-Каменецкий. Лекции по физике плазмы, М., Атомиздат 1964, стр. 229, Б.Л.Гинзбург, А.А.Рухадзе. Волны в магнитоактивной плазме. М., изд. Наука, 1970.
- [4] A.V.Berezin, L.V.Dubovoi, B.V.Lublin Proc. of the 4th conf. on Controlled Fusion and Pl. Phys. Rome, Italy, 27 aug - 4 sept. 1970 p 67 - bis. Е.К.Завойский и др. ДАН, 194, 55, 1970.