

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

امواج پایدار در پلاسماهای دو مولفه ای با الکترونهاى ابر گرم

مهدی پور، مصطفی

دانشکده علوم، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد، ایران

چکیده

انتشار امواج الکتروستاتیکی در یک پلاسماى دو سیالی غیر ماکسولی بررسی شده است. با نوشتن مجموعه معادلات اساسی برای توصیف این سیستم و بکار بردن آنالیز اختلال کاهشی مشاهده می شود که دو مد سریع و آهسته می تواند در این سیستم پلاسما منتشر شوند. همچنین معادله کورته وگ دوری ($K-dV$) نیز برای مرتبه اول پتانسیل یافت می شود. با یافتن جوابهای سالیونی برای این معادله مشاهده می شود که این مدها از نظر فیزیکی دارای رفتار متفاوتی هستند. در پایان نیز تاثیر عوامل زیادی از قبیل پارامتر κ ، دمای الکترونهاى سرد σ_c و چگالی الکترونهاى ابر گرم β بر روی دامنه و پهنای این امواج سالیونی بصورت عددی بررسی شده است.

The Solitary Waves in two-Component Plasmas with Superthermal Electrons

Mehdipoor, Mostafa

Faculty of Science, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

Abstract

The propagation of nonlinear electrostatic waves in two-component plasmas with superthermal electrons is investigated. Using the basic set of fluid equations and reductive perturbation method, it is seen that two mode can be propagated in present plasma system. Also, the Korteweg-de Vries (KdV) equation is found for the first order perturbed potential. The solitary wave solutions are obtained. It is seen that the present modes supports the different physical treatments. In addition, effects κ -parameter, cold electron temperature σ_c and the superthermal electrons density β on these solitary waves are investigated, numerically.

مقدمه

الکترونهاى سرد سیالی، الکترونهاى ابر گرم و یونهاى ثابت در [۳]-
[۲] بررسی شده است. همچنین در مرجع [۴] وجود امواج یون صوتی نیز در یک پلاسما با یونهاى سرد و الکترونهاى ابر گرم بررسی شده است. باید دقت کنیم که در کارهای فوق الکترونهاى سرد و یا یونها بطور مجزا به عنوان یک سیال در نظر گرفته شده اند و می توانند انتشار یک مد را بیان کنند در حالیکه ما قصد داریم در این مقاله با بکار بردن مدل سیالی و آنالیز اختلال کاهشی امواج پایدار حاصله در یک پلاسماى دو سیالی (الکترونها و یونهاى متحرک) در حضور الکترونهاى ابرگرم را مورد مطالعه قرار دهیم و اثرات پارامترهای گوناگون بر روی دامنه و پهنای هر مد را بطور جداگانه بررسی کنیم.

مطالعه بر روی امواج پایدار در پلاسماى آزمایشگاهی ویا فضایی می تواند صورت بپذیرد. این امواج می توانند بصورت امواج فرکانس بالا و یا فرکانس پایین باشند. از طرف دیگر در بسیاری از پلاسماها، همچون پلاسماى اطراف زمین، مغناطوسپهر سیارات و دستگاههای تخلیه الکتریکی جمعیت زیادی از الکترونهاى پر انرژی وجود دارند، که باعث می شوند پلاسما از حالت تعادلی (ماکسولی) خود فاصله بگیرد در این حالت توزیع ماکسولی نمی تواند توزیع مناسبی برای سرعت الکترونها باشد و باید از توزیع کاپا [۱] استفاده شود طوری که در کاپاهای خیلی بزرگ این توزیع به تقریب ماکسولی تغییر می یابد. مطالعات زیادی بر روی انتشار امواج الکتروستاتیکی در حضور الکترونهاى ابر گرم انجام شده است. برای مثال امواج الکترون صوتی در یک پلاسما در حضور

معادلات اساسی

$$n_c = 1 + \sum \varepsilon^{l+1} n_{c,l+1}$$

$$u_c = \sum \varepsilon^{l+1} u_{c,l+1}$$

$$n_i = \alpha + \sum \varepsilon^{l+1} n_{i,l+1} \quad (5)$$

$$u_i = \sum \varepsilon^{l+1} u_{i,l+1}$$

$$\phi = \sum \varepsilon^{l+1} \phi_{l+1}$$

سپس با معرفی متغیرهای کند تغییر $\tau = \varepsilon^{3/2} t$ و جایگذاری بسط های فوق در روابط (۳) - (۱)، برای پایین ترین مرتبه خواهیم داشت

$$\begin{aligned} n_{c,1} &= \frac{\phi_1}{\sigma_e - V_0^2} \\ u_{c,1} &= \frac{V_0 \phi_1}{\sigma_e - V_0^2} \\ u_{i,1} &= \frac{-V_0 \phi_1}{\sigma_i - V_0^2 \mu} \\ n_{i,1} &= \frac{-\alpha \phi_1}{\sigma_i - V_0^2 \mu} \end{aligned} \quad (6a)$$

همچنین از معادله پواسون نتیجه می شود که دو مد می تواند در این پلاسما منتشر شود که آنها عبارتند از مد سریع (الکترون

صوتی) با سرعت $V_{0,+}$ و مد آهسته (یون صوتی) با سرعت $V_{0,-}$

$$\begin{aligned} V_{0,+} &= \sqrt{L_1 - \frac{L_2}{L_1}} & V_{0,-} &= \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \\ L_1 &= \frac{1}{\beta c_1 \mu} (\alpha + \mu + \beta c_1 (\sigma_i + \mu \sigma_e)) \\ L_2 &= \frac{1}{\beta c_1 \mu} (\sigma_i + \alpha \sigma_e + \beta c_1 \sigma_i \sigma_e) \end{aligned} \quad (6b)$$

برای مرتبه بعدی خواهیم داشت

$$\phi_{1\tau} + A \phi_1 \phi_{1\xi} + B \phi_{1\xi\xi\xi} = 0, \quad (7)$$

که همان معادله K-dV می باشد. ضرایب A و B عبارتند از

$$A = \frac{1}{F} \left\{ \begin{aligned} &\frac{3\alpha(1 - \frac{\sigma_e}{V_0^2})^2}{2V_0\mu(1 - \frac{\sigma_i}{V_0^2\mu})} - \frac{3\mu(1 - \frac{\sigma_i}{V_0^2\mu})^2}{2V_0(1 - \frac{\sigma_e}{V_0^2})} + \frac{\alpha(1 - \frac{\sigma_e}{V_0^2})^2}{2V_0\mu} \\ &-\frac{\mu(1 - \frac{\sigma_i}{V_0^2\mu})^2}{2V_0} - \beta c_2 V_0^3 \mu (1 - \frac{\sigma_i}{V_0^2\mu})^2 (1 - \frac{\sigma_e}{V_0^2})^2 \end{aligned} \right\}$$

پلاسمایی شامل الکترونهاى سرد البته با دمای محدود، یونهای گرم و الکترونهاى ابر گرم در زمینه را در نظر می گیریم. معادلات اساسی نرمالیزه شده بصورت زیر می باشد:

$$\frac{\partial n_j}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (n_j u_j) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_j}{\partial t} + u_j \frac{\partial}{\partial x} u_j = -\frac{s_j}{\mu_j} \frac{\partial}{\partial x} \phi - \frac{\sigma_j}{\mu_j n_j} \frac{\partial}{\partial x} n_j \quad (2)$$

متغیرهای حالت n_j و u_j به ترتیب چگالی، سرعت و پتانسیل الکتروستاتیکی قطعه λ_m هستند ($j = e, i$) که به چگالی مختل شده الکترونهاى سرد $n_{c,0}$ ، سرعت گرمایی $v_{th} = (K_B T_h / m_e)^{1/2}$ و پتانسیل مشخصه $\phi_0 = K_B T_h / e$ نرمالیزه شده اند. همچنین متغیرهای فضا زمانی x و t نیز بصورت $x = x / \lambda_0$ و $t = \omega_{pe} t$ بهنجار شده اند بطوری که $\omega_{pe}^{-1} = (\varepsilon_0 m_e / n_{c,0} e^2)^{1/2}$ فرکانس الکترونی پلاسما و $\lambda_0 = (\varepsilon_0 K_B T_h / n_{c,0} e^2)^{1/2}$ طول مشخصه می باشد. $\mu_j = m_j / m_e$ نسبت جرم قطعه λ_m به جرم الکترون می باشد. s_j برای الکترونهاى سرد (-1) و برای یونها (+1) می باشد. در اینجا $\sigma_j = T_j / T_h$ نسبت دمای قطعه λ_m به دمای الکترونهاى ابرگرم می باشد.

سیستم با معادله پواسون به صورت زیر بسته می شود

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = (n_c + n_h - n_i) \quad (3)$$

طوری که تابع چگالی الکترونهاى ابرگرم بصورت زیر داده می شود

$$n_h = \beta \left(1 - \frac{\phi}{\kappa - 3/2} \right)^{-\kappa+1/2} \quad (4)$$

جایی که $\beta = n_{h0} / n_{c0}$ نسبت چگالی الکترونهاى ابرگرم به سرد می باشد و κ میزان انحراف از حالت تعادل می باشد طوری که در حد $\kappa \rightarrow \infty$ به توزیع ماکسول تبدیل می شود. در حالت تعادل خواهیم داشت $\alpha = 1 + \beta$ ، که در آن $\alpha = n_{i0} / n_{c0}$ می باشد.

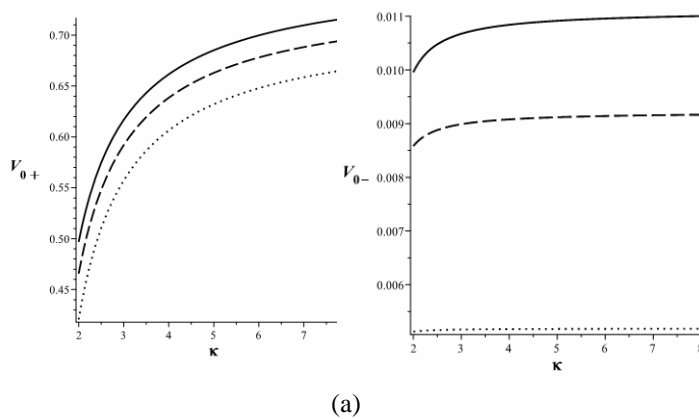
آنالیز غیر خطی و معادله K-dV

برای بدست آوردن معادله کورته وگ ده وری از معادلات (۴) -

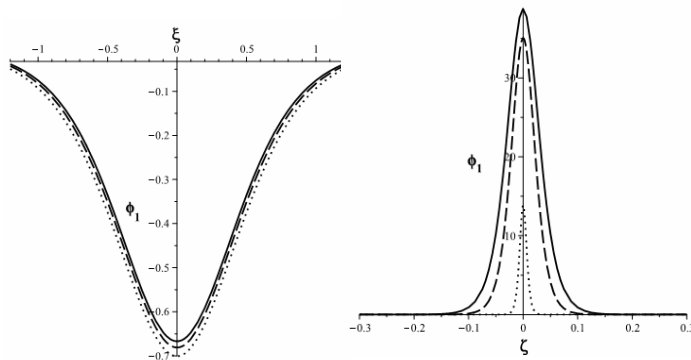
(۱) که انتشار امواج پایدار را توصیف می کنند، در ابتدا متغیرهای

حالت موجود را بصورت زیر بسط می دهیم [۵]

شکل (۱b) فهمیده می شود که امواج با دامنه منفی (rarefactive) و دامنه مثبت (compressive) می تواند در این پلاسما منتشر شود. طوری که امواج الکترون صوتی (مد سریع) دارای پتانسیل منفی و امواج یون صوتی (مد آهسته) دارای پتانسیل مثبت هستند و دامنه امواج الکترون صوتی (یون صوتی) با افزایش دمای الکترونها کاهش (افزایش) می یابد.



(a)



(b)

شکل ۱: (a) تغییرات سرعت فاز برای مدهای سریع (سمت چپ) و آهسته (سمت راست) و (b) تغییرات پتانسیل این مدها را به ازای مقادیر مختلف دمای الکترونها (نقطه چین $\sigma_e = 0.01$ ، خط بریده $\sigma_e = 0.05$ و خط پر $\sigma_e = 0.08$) بیان می کند.

شکل (۲a) تغییرات سرعت فاز مدهای سریع و آهسته را به ازای مقادیر مختلف نسبت چگالی الکترونها ابرگرم به سرد β و مقادیر ثابت $\sigma_e = 0.02$ ، $\mu = 1836$ و $\sigma_i = 0.02$ نشان می دهد. مشاهده می شود که اولاً سرعت فاز مدهای سریع v_{0+} و مدهای آهسته v_{0-} با افزایش ضریب کاپا افزایش می یابد. ثانیاً در یک کاپای ثابت با افزایش دمای الکترونها سرعت فاز هر دو مد افزایش می یابد. همچنین از

(۸)

$$B = \frac{V_0^3 \mu}{2F} \left(1 - \frac{\sigma_i}{V_0^2 \mu}\right)^2 \left(1 - \frac{\sigma_e}{V_0^2}\right)^2$$

در حالیکه

$$F = \alpha \left(1 - \frac{\sigma_e}{V_0^2}\right)^2 + \mu \left(1 - \frac{\sigma_i}{V_0^2 \mu}\right)^2$$

$$c_1 = \frac{\kappa - 1/2}{\kappa - 3/2} \quad c_2 = \frac{(\kappa - 1/2)(\kappa + 1/2)}{2(\kappa - 3/2)^2} \quad (۹)$$

جوابهای پایدار

برای بدست آوردن جواب پایدار معادله (۷) از تغییر متغیر $|\chi| \rightarrow \infty$ و شرایط مرزی $\phi_1 = d\phi_1/d\xi = 0$ در $\xi = -U\tau$ استفاده می کنیم طوری که داریم

$$\phi_1 = \phi_0 \operatorname{sech}^2(\chi/W) \quad (۱۰)$$

بطوری که $\phi_0 = (3U/A)$ دامنه و $W = (4B/U)^{1/2}$ پهنای امواج سالیوتونی خواهد بود.

بحث و نتیجه گیری

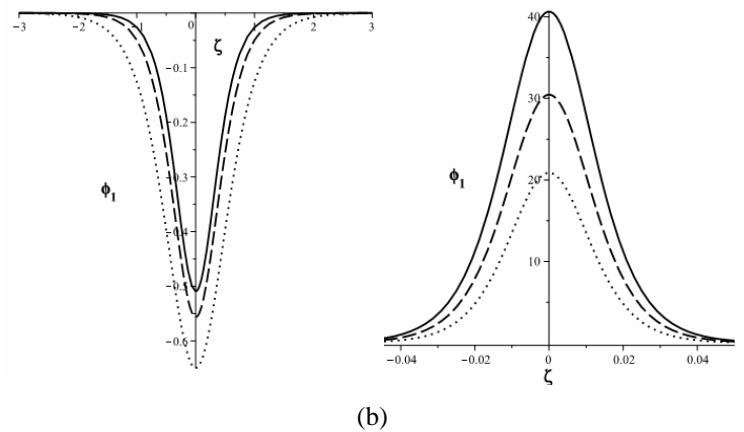
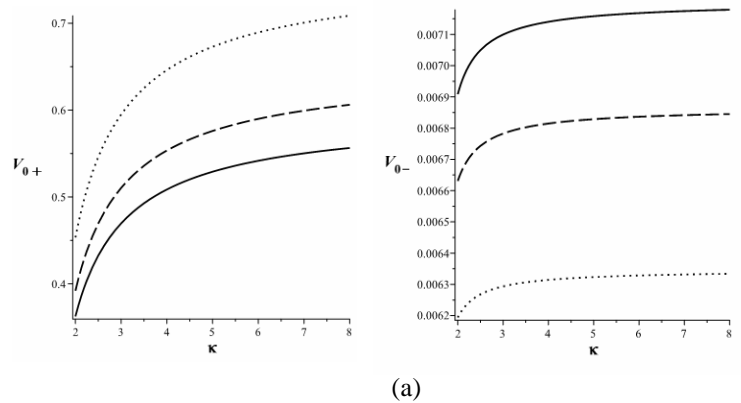
در این پژوهش با در نظر گرفتن یک پلاسمای دو مولفه ای و الکترونها غیر ماکسولی (ابر گرم) و بکار بردن معادلات اساسی توانستیم معادله حاکم برای انتشار امواج الکتروستاتیکی را بدست آوریم. مشاهده کردیم که دو مد الکترون صوتی و یون صوتی می تواند منتشر شود. در ادامه می خواهیم به کمک آنالیز عددی به تحلیل نتایج مان بپردازیم و تاثیر پارامترهای گوناگون را بر روی دامنه و پهنای مطالعه کنیم.

شکل (۱a) تغییرات سرعت فاز مدهای سریع و آهسته را به ازای مقادیر مختلف دمای الکترونها σ_e و مقادیر ثابت $\beta = 2$ ، $\mu = 1836$ و $\sigma_i = 0.02$ نشان می دهد. مشاهده می شود که اولاً سرعت فاز مدهای سریع v_{0+} و مدهای آهسته v_{0-} با افزایش ضریب کاپا افزایش می یابد. ثانیاً در یک کاپای ثابت با افزایش دمای الکترونها سرعت فاز هر دو مد افزایش می یابد. همچنین از

مرجع ها

- [1] M. A. Hellberg, R. L. Mace, T. K. Baluku, I. Kourakis and N. S. Saini., *Phys. Plasmas* **16**, (2009) 094701.
 [2] S. Younsi and M. Tribeche, *Astrophysics and Space Sci.* **330** (2010) 295-300.
 [3] B. Sahu, *Phys. Plasmas* **17**, (2010) 122305.
 [4] N. S. Saini, I. Kourakis and M. A. Hellberg, *PHYSICS OF PLASMAS* **16**, (2009) 062903.
 [5] H. Washimi and T. Tanuti, *Phys. Rev. Lett.* **17**, (1966) 966.

کاپای ثابت با افزایش چگالی الکترونیهای ابرگرم سرعت فاز مد سریع (آهسته) کاهش (افزایش) می یابد. همچنین به ازای مقدار معین $\kappa = 3$ مشاهده می شود که دامنه امواج الکترون صوتی (یون صوتی) با افزایش چگالی الکترونیهای ابرگرم کاهش (افزایش) می یابد (بترتیب شکل (۲b) سمت چپ و راست را ببینید).



شکل ۲: (a) تغییرات سرعت فاز برای مدهای سریع (سمت چپ) و آهسته (سمت راست) و (b) تغییرات پتانسیل این مدها را به ازای مقادیر مختلف چگالی الکترونیهای ابرگرم (نقطه چین $\beta = 1.8$ ، خط بریده $\beta = 2.5$ و خط پر $\beta = 3$) بیان می کند.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه

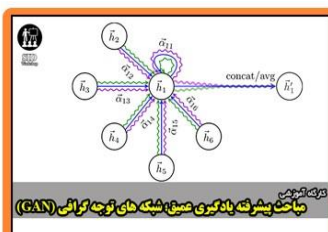


فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی