

DINÂMICA NÃO-LINEAR DE ONDAS DE LANGMUIR E ELETROMANÉTICAS EM PLASMAS ESPACIAIS

José Ricardo Abalde Guedes

Tese de Doutorado em Geofísica

Data da Aprovação: 07.11.1995 (INPE)

Orientadores: Drs. Abraham Chian Long-Chian e Maria Virginia Alves

Este trabalho tem por objetivo estudar a dinâmica não-linear de ondas de Langmuir e eletromagnéticas em plasmas espaciais. Inicialmente, derivam-se as equações generalizadas de Zakharov e baseando-se nelas estudam-se os processos de instabilidade paramétrica híbrida envolvendo a geração de ondas de Langmuir, ondas eletromagnéticas e ondas íon acústicas por duas ondas indutoras de Langmuir contra-propagantes com amplitudes diferentes através de uma relação de dispersão acoplada. A seguir, partindo das equações generalizadas de Zakharov desenvolvem-se teorias lineares e não lineares de modos acoplados de três e quatro ondas, respectivamente. Nos processos de três ondas, uma onda de Langmuir decaem em outra onda de Langmuir e uma onda íon acústica (decaimento paramétrico eletrostático) ou em uma onda eletromagnética e uma onda íon acústica (decaimento paramétrico eletromagnético). Nos processos de quatro ondas, ou modulacionais, a interação envolve dois tripletos de ondas: no triplete de decaimento, a onda indutora interage com uma onda de baixa frequência, gerando uma onda Stokes,

e no triplete de fusão a interação da onda indutora com uma onda de baixa frequência gera uma onda anti-Stokes. Estes processos modulacionais são processos convectivos e ressonantes, cujos modos de baixa frequência são automodos do plasma e são conhecidos como processos modulacionais estimulados. Quatro processos modulacionais estimulados são investigados nesta tese: dois com ondas indutoras de Langmuir (processos modulacionais estimulados eletrostático e híbrido) e os outros dois com ondas indutoras eletromagnéticas (espalhamento Brillouin estimulado modulacional e processo modulacional estimulado eletromagnético). Discutem-se aplicações dos resultados teóricos em plasmas espaciais. Em particular, demonstra-se que os processos de decaimentos paramétricos eletrostático e eletromagnético de ondas Langmuir podem modelar a geração e a modulação de emissões de rádio e de ondas de Langmuir no vento solar, tanto no espaço interplanetário como na frente de choque de alguns planetas, e podem explicar algumas características observacionais.

ABSTRACT

NONLINEAR DYNAMICS OF LANGMUIR AND ELECTROMAGNETIC WAVES IN SPACE PLASMAS
The aim of this work is to study the nonlinear dynamics of Langmuir and electromagnetic waves in space plasmas. Firstly, the generalized Zakharov equations are derived which are used to study the hybrid parametric instability involving the generation of daughter Langmuir, electromagnetic and ion-acoustic waves induced by two counter-propagating Langmuir pump waves with different amplitudes based on a coupled dispersion relation. Secondly, starting from the generalized Zakharov equations the linear and nonlinear coupled mode theories of three-wave and four-wave parametric interactions are developed, respectively. In three-wave processes, a Langmuir wave decays into another Langmuir wave and an ion-acoustic wave (electrostatic parametric decay) or into an electromagnetic wave and an ion-acoustic wave (electromagnetic parametric decay). In four-wave (modulation) processes, the interaction involves two wave triplets: in the decay triplet a pump wave

couples with a low-frequency wave to generate a Stokes wave, and in the fusion triplet the coupling of a pump wave with a low-frequency wave generates an anti-Stokes wave. These modulational processes are convective and resonant processes wherein the low-frequency modes are eigenmodes of plasma and are known as the stimulated modulational processes. Four such processes are investigated in this thesis: two with Langmuir pump waves (electrostatic and hybrid stimulated modulational processes) and the other two with electromagnetic pump waves (stimulated modulational Brillouin scattering and electromagnetic stimulated modulational process). Applications of the theoretical results in space plasmas are discussed. In particular, it is shown that the electrostatic and electromagnetic parametric decay processes of Langmuir waves can model the generation and modulation of radio emissions and Langmuir waves in the solar wind, both in the interplanetary space as well as in the upstream regions of some planets, and can explain some observational characteristics.