

---

**1º SIMPÓSIO**

**BRASILEIRO**

**DE PLASMA**

**ESPACIAL**

---

**RESUMO DOS TRABALHOS**

**8 a 11 de setembro de 1987  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
São José dos Campos, SP.**

**ABSTRACT BOOK OF THE FIRST BRAZILIAN  
SYMPOSIUM ON SPACE PLASMAS**

---



## ORGANIZAÇÃO

- Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT
- Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

## COMISSÃO ORGANIZADORA

- . Dr. Abraham Chian Long Chian - INPE  
Coordenador Geral
- . Dr. José Marques da Costa - INPE
- . Dr. René Adalid Medrano B. - INPE
- . Dr. Walter D. Gonzalez A. - INPE

## COMISSÃO DE PROGRAMA

- . Dr. Abraham Chian Long Chian - INPE
- . Dr. Asaharu Tomimura - UFF
- . Dr. Carlos Viana Speller - ITA
- . Dr. Darci Dillenburg - UFRGS
- . Dr. Enivaldo Bonelli - UFRGN
- . Dr. Francisco Rogério Fontenele Aragão - UnB
- . Dr. José Busnardo Neto - UNICAMP
- . Dr. Reuven Opher - USP

## COMISSÃO DE INFRA - ESTRUTURA E APOIO

- . Assessoria de Comunicação Social - INPE

## COMISSÃO DE PLANEJAMENTO FINANCEIRO

- . Yutaka Habe - INPE
- . Doroti Akico Tiba - INPE



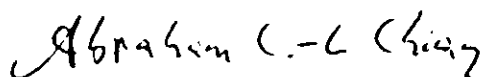
## PATROCÍNIOS

- . CAPES - Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- . CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- . CTA - Centro Técnico Aeroespacial
- . FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- . FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos
- . IPV - Instituto de Proteção ao Voo
- . SAB - Sociedade Astronômica Brasileira
- . SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica



## MENSAGEM DO COORDENADOR GERAL

O Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE e a Comissão Organizadora do 1º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PLASMA ESPACIAL agradecem sua participação e desejam que os objetivos do Simpósio sejam cumpridos, promovendo o desenvolvimento da pesquisa em Plasma Espacial no País.



Dr. Abraham Chian Long Chian  
Coordenador Geral





## OBJETIVO

O 1º Simpósio Brasileiro de Plasma Espacial tem como objetivo:

- reunir os pesquisadores e estudantes (pós-graduação e graduação avançada) nas áreas de Astrofísica, Física de Plasma e Geofísica Espacial interessados no estudo de fenômenos de plasma em ionosferas e magnetosferas planetárias, meio interplanetário, cometas, Sol e sistemas astrofísicos.



**ÍNDICE DOS TRABALHOS  
(INDEX)**

**MINICURSOS (MINICOURSES)**

. A REVIEW OF LF ELECTROMAGNETIC WAVES NEAR COMETS: FUTURE DIRECTIONS OF RESEARCH <i>B.T. Tsurutani</i> .....	003
. SOLAR-SOLAR WIND-MAGNETOSPHERE COUPLING AND THE FUTURE INTERNATIONAL SOLAR TERRESTRIAL PHYSICS (ISTP) PROGRAM <i>B.T. Tsurutani e W.D. Gonzalez</i> .....	007
. ALFVEN WAVES AND THEIR RELATIVES IN THE SOLAR ATMOSPHERE AND SOLAR WIND <i>Joseph V. Hollweg</i> .....	011

**TRABALHOS CONVIDADOS (INVITED PAPERS)**

. CAPTURA DE MATÉRIAS POR OBJETOS COMPACTOS EM ASTROFÍSICA <i>J.E. Steiner</i> .....	021
. OBSERVAÇÃO DA INTERAÇÃO DO VENTO SOLAR COM A CAUDA COMETÁRIA <i>Oscar Toshiaki Matsuura</i> .....	023
. SUPERLUMINAL PHENOMENA IN QSO <i>Z. Abraham</i> .....	025
. INSTABILIDADES EM FONTES DE RÁDIO EXTENSAS <i>Reuven Opher</i> .....	027
. POLAR REGION PHENOMENA AND IMF $B_x$ , $B_y$ , $B_z$ EFFECT <i>M. Kazuo Makita</i> .....	029
. EQUATORIAL ELECTROJET - A REVIEW <i>R.P. Kane</i> .....	031
. WORLD-WIDE, LOW-LATITUDE CORRELATED IONOSPHERIC VARIATIONS <i>J.H.A. Sobral e M.A. Abdu</i> .....	033
. OPTICAL STUDIES OF LOW-LATITUDE IONOSPHERE IN BRAZIL - A REVIEW <i>Y. Sahai, B.R. Clemesha, H. Takahashi, J.A. Bittencourt e N.R. Teixeira</i> .....	035



**ÍNDICE DOS TRABALHOS**  
**(INDEX)**

**MINICURSOS (MINICOURSES)**

. A REVIEW OF LF ELECTROMAGNETIC WAVES NEAR COMETS: FUTURE DIRECTIONS OF RESEARCH <i>B.T. Tsurutani</i> .....	003
. SOLAR-SOLAR WIND-MAGNETOSPHERE COUPLING AND THE FUTURE INTERNATIONAL SOLAR TERRESTRIAL PHYSICS (ISTP) PROGRAM <i>B.T. Tsurutani e W.D. Gonzalez</i> .....	007
. ALFVEN WAVES AND THEIR RELATIVES IN THE SOLAR ATMOSPHERE AND SOLAR WIND <i>Joseph V. Hollweg</i> .....	011

**TRABALHOS CONVIDADOS (INVITED PAPERS)**

. CAPTURA DE MATÉRIAS POR OBJETOS COMPACTOS EM ASTROFÍSICA <i>J.E. Steiner</i> .....	021
. OBSERVAÇÃO DA INTERAÇÃO DO VENTO SOLAR COM A CAUDA COMETÁRIA <i>Oscar Toshiaki Matsuura</i> .....	023
. SUPERLUMINAL PHENOMENA IN QSO <i>Z. Abraham</i> .....	025
. INSTABILIDADES EM FONTES DE RÁDIO EXTENSAS <i>Reuven Opher</i> .....	027
. POLAR REGION PHENOMENA AND IMF $B_x$ , $B_y$ , $B_z$ EFFECT <i>M. Kazuo Makita</i> .....	029
. EQUATORIAL ELECTROJET - A REVIEW <i>R.P. Kane</i> .....	031
. WORLD-WIDE, LOW-LATITUDE CORRELATED IONOSPHERIC VARIATIONS <i>J.H.A. Sobral e M.A. Abdu</i> .....	033
. OPTICAL STUDIES OF LOW-LATITUDE IONOSPHERE IN BRAZIL - A REVIEW <i>Y. Sahai, B.R. Clemesha, H. Takahashi, J.A. Bittencourt e N.R. Teixeira</i> .....	035



. CAMPOS ELÉTRICOS NA IONOSFERA EQUATORIAL	
<i>E. Bonelli</i> .....	039
. RAPID FLUCTUATIONS IN SOLAR FLARES	
<i>P. Kaufmann e E. Correia</i> .....	043
. SOLAR WIND - MAGNETOSPHERE COUPLING	
<i>W.D. Gonzalez e A.L.C. Gonzalez</i> .....	045
. NONLINEAR WAVE-WAVE INTERACTIONS IN SPACE PLASMAS	
<i>Abraham C. L. Chian</i> .....	049
. ESTRUTURA DE POTENCIAL EM PLASMA AURORAL	
<i>F. Rogério F. Aragão</i> .....	053
. ONDAS NÃO-LINEARES EM PLASMAS DE MULTIESPÉCIES	
<i>Felipe B. Rizzato, Ruth S. Schneider e Darcy Dillenburg</i> .....	055
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DOUBLE-LAYERS FORMED BY ION-ACOUSTIC TURBULENCE	
<i>G.O. Ludwig, J.L. Ferreira e A.Montes</i> .....	057
. THE LABORATORY DOUBLE LAYERS	
<i>Homero Santiago Maciel</i> .....	061
. SIMULAÇÃO DE ATMOSFERAS PLANETÁRIAS EM LABORATÓRIO	
<i>Carlos Viana Speller</i> .....	065
. ESTUDO DE FENÔMENOS AURORAIS EM LABORATÓRIO	
<i>A.R. de Souza</i> .....	069
 <b>TRABALHOS SUBMETIDOS (SUBMITTED PAPERS)</b>	
. EQUILÍBRIO MICROSCÓPICO EN LA MAGNETOPAUSA DIURNA. RESULTADOS EXPERIMENTALES.	
<i>Gustavo A. Medina Tanco e Victor H. Ríos</i> .....	073
. LONG TERM IMF-SECTOR STRUCTURE VARIABILITY	
<i>A.L.C. Gonzalez e W.D. Gonzalez</i> .....	075
. ELECTRIC FIELDS AND LOW-ENERGY PARTICLES INSIDE THE PLASMASPHERE	
<i>O. Pinto Jr., W.D. Gonzalez, O. Mendes Jr. e I.R.C.A. Pinto</i> ....	079
. X RAY FLUXES AT BALLOON ALTITUDES IN THE SOUTH ATLANTIC MAGNETIC ANOMALY	
<i>O. Pinto Jr., W.D. Gonzalez e A.L.C. Gonzalez</i> .....	083





DECAIMENTO DE LAS TEMPERATURAS ELECTRONICA E IONICAS DURANTE LA PUESTA DEL SOL EN LATITUDES MEDIAS	
<i>Victor Hugo Rões</i> .....	087
MAGNETIC CONTROL OF EQUATORIAL SPREAD-F	
<i>E. Bonelli, R.T. de Medeiros, O.R. Nelson e G.L. Borba</i> .....	089
F-REGION PLASMA BUBBLES OBSERVED BY A ROCKET-BORNE LANGMUIR PROBE AND A HIGH FREQUENCY CAPACITANCE PROBE	
<i>P. Muralikrishna e M.A. Abdu</i> .....	091
MEDIÇÃO DA TEMPERATURA ELETRÔNICA DA IONOSFERA UTILIZANDO SONDAS DE LANGMUIR	
<i>I.J. Kantor, P. Muralikrisna e M.A. Abdu</i> .....	093
ELECTRON DENSITY PROFILES DEDUCED FOR THE SOUTH ATLANTIC GEOMAGNETIC ANOMALY AND THE ANTARCTIC CONTINENT USING VLF TECHNIQUES	
<i>Mendes da Costa, A. e Rizzo Piazza, L.</i> .....	095
RADIO WAVE ABSORTION IN IONOSFERIC PLASMA DURING SID	
<i>Kalvala Ramanuja Rao e Phenix M. Ramirez P.</i> .....	097
<sup>C</sup> THE INFLUENSE OF AN INTERHEMISPHERIC PLASMA FLOW ON THE NEUTRAL ATMOSPHERE BEHAVIOR: ION-DRAG EFFECTS	
<i>C.J. Zamlutti</i> .....	099
PARÂMETRO DE IMPACTO: SOLUÇÃO NÃO-LINEAR	
<i>Germano Afonso, Liu Kai e Sêrgio Berleze</i> .....	101
MILLISECOND RADIO SPIKES AND ASSOCIATED HARD X-RAY BURSTS	
<i>H.S. Sawant, R.H. Trevisan, B.R. Dennis, P. Zlobec e M. Messerotti</i> .....	103
CHARACTERISTICS OF A HIGH ENERGY SOLAR BURST	
<i>E. Correia</i> .....	105
CAMPOS MAGNÉTICOS SOLARES: REGIÕES DE FLUXO EMERGENTE	
<i>Silvia Helena Becker Livi</i> .....	107
CAMPOS MAGNÉTICOS SOLARES EM PEQUENA ESCALA: FRAGMENTOS MAGNÉTICOS EM MOVIMENTO	
<i>Rudi Gaelzer, Silvia H.B. Livi, Jingxiu Wang e Sara F. Martin</i> .	109
EFFECTS OF A MAGNETIC FIELD ON THE GARVITY MODES IN PLASMA ATMOSPHERES	
<i>Alejandro G. González, Julio Gratton e Fausto T. Gratton</i> .....	111



. CHERENKOV DAMPING OF SURFACE WAVES <i>Altair Souza de Assis e J. Busnardo-Neto</i> .....	113
. MULTIPLE-SCALE ANALYSIS ON HEATING BY ALFVÉN SPATIAL RESONANCE IN THE SOLAR CORONA CONTEXT <i>P.H. Sakanaka e C.A. Azevedo</i> .....	117
. ACCELERATION AND PROPAGATION OF IONS BY COLECTIVE FIELDS IN FOCUSED ELECTRIC DISCHARGES-SIMILARITY WITH THE PHYSICAL PROCESSES IN SOLAR FLARES <i>J. Feugeas e E. Llonch</i> .....	119
. ONDAS ALFVÉN CINÉTICAS COMO MECANISMO DE REACELERAÇÃO EM RÁDIO FONTES EXTENSAS <i>L.C. Jaquelice e R. Opher</i> .....	121
. ONDAS ALFVÉN CINÉTICAS E SUA RELAÇÃO COM CORRENTES ELÉTRICAS, COLIMAÇÃO DE JATOS E INOMOGENEIDADES EM RÁDIO FONTES EXTENSAS <i>L.C. Jaquelice e R. Opher</i> .....	123
. ESTABILIDADE DE UM PLASMA EM EQUILÍBRIO EM UM CAMPO GRAVITACIONAL <i>I.L. Caldas</i> .....	125
. VARIABILITY OF 3C273 <i>L.C. L. Botti e Z. Abraham</i> .....	127
. INSTABILIDADES TÉRMICAS EM RÁDIO FONTES EXTRAGALÁCTICAS EXTENSAS <i>Elisabete M. de Gouveia Dal Pino e R. Opher</i> .....	129
. FORMAÇÃO DE CONDENSAÇÕES EM NUVENS MOLECULARES A PARTIR DA INSTABILIDADE TÉRMICA <i>Adriana B.M. Vãlio e R. Opher</i> .....	131
. COLAPSO DE OBJETOS DE POPULAÇÃO III <i>J.C.N. Araujo e R. Opher</i> .....	133
. EFEITO DA DIVERGÊNCIA DO CAMPO MAGNÉTICO NA PERDA DE MASSA EM ESTRELAS GIGANTES "LATE-TYPE" <i>R. Opher e V.J.S. Pereira</i> .....	135
. FORMAÇÃO AUTOREGULATÓRIA DE ESTRELAS EM NUVENS MOLECULARES <i>Adriana B.M. Vãlio , R. Opher e José Franco</i> .....	137
. O ESPECTRO CICLOTRÔNICO DE VV PUPPIS <i>João Batista Garcia Canalle e Reuven Opher</i> .....	139
. CÁLCULOS DE SEÇÃO DE CHOQUE PARA FOTOIONIZAÇÃO E DE POLARIZABI LIDADE DINÂMICA PARA ESPÉCIES DE INTERESSE ASTROFÍSICO <i>Eduardo Hollauer, Suely Meth e Marco Antonio Chaer Nascimento</i> ..	141
. ESTUDO EXPERIMENTAL DA EXCITAÇÃO DE GASES ATMOSFÉRICOS ATRAVÉS DO IMPACTO DE ELÉTRONS <i>Gerardo G.B. de Souza, Heloisa M. Boechat Roberty, A.C. de A. Souza, Carlos E. Kielschowsky e C.A. Lucas</i> .....	143



**MINICURSOS**

**(MINICOURSES)**



A Review of LF Electromagnetic Waves Near Comets: Future  
Directions of Research

B. T. Tsurutani\*

The first spacecraft encounter with a comet occurred when the joint NASA/ESA International Cometary Explorer (ICE) approached and passed through the tail of comet Giacobini-Zinner on 11 September 1985.<sup>1,2</sup> Later, in March, 1986, a spacecraft "fleet" went to comet Halley: the European Giotto, the two Soviet VEGAs and the two Japanese Suisei and Sakigake spacecraft.<sup>3,4,5</sup> ICE also approached Halley and came within  $28 \times 10^6$  km from the comet. One of the most remarkable surprises of the encounters was the vast extent of plasma waves and turbulence and energetic particles surrounding the comets, extending to at least several million km from the cometary nuclei.<sup>6,7</sup> These phenomena are now known to be due to the solar wind pickup of cometary ions. The energy extracted from the solar wind by cometary ions is more than the electricity used on Earth. This process and the properties of the intense LF waves and other modes will be discussed in detail.

The spacecraft encounters with comet Giacobini-Zinner and Halley have opened up and stimulated several fundamental areas of space plasma physics: nonlinear plasma phenomena such as wave steepening, breaking, and the formation of strong LF turbulence, and the stochastic energization of cometary and solar wind ions by first and second order Fermi and gradient B drift mechanisms. Because the comet encounters were not near planetary magnetospheres and the cometary bow shocks are weak, there is no problem of contamination from energetic particle "leakage" from magnetospheric radiation belts and acceleration associated with the cometary





bow shocks. Thus, comets are near-ideal laboratories for the study of the above fundamental processes. The results of such studies have obvious implications for astrophysics.

1. Special Issue of Science, 232, 18 April 1986.
2. Special Issue of GRL, 13, March and April 1986.
3. Special Issue of Nature, 321, 15 May 1986.
4. Proceedings of the Heidelberg Conference, ESA, Noordwijk Holland, Oct. 1986.
5. Mendis, D.A., and B.T. Tsurutani, The Spacecraft Encounters of Comet Halley, EOS, 67, 478, 1986.
6. Tsurutani, B.T. and E.J. Smith, Strong Hydromagnetic Turbulence Associated with Comet Giacobini Zinner, GRL, 13, 259, 1986.
7. Tsurutani, B.T. and E.J. Smith, Hydromagnetic Waves and Instabilities Associated with Cometary Ion Pickup: ICE Observations, GRL, 13, 263, 1986.

\* Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena - California 91109, USA.



Solar-Solar Wind-Magnetosphere Coupling and the Future International  
Solar Terrestrial Physics (ISTP) Program

B.T. Tsurutani\* and W.D. Gonzalez†

One of the fundamental problems in magnetospheric research is the determination of how physical processes on the sun cause geomagnetic activity at Earth, such as magnetospheric substorms and storms. Recent joint studies at the Jet Propulsion Laboratory and INPE, using the International Sun Earth Explorer-3 (ISEE-3) magnetic field and plasma data, have identified the interplanetary causes of intense magnetic storms ( $D_{st} < 100$  nT) which occurred during a 500 day period in 1978-1979. Furthermore, an extension of this study demonstrated that the high latitude geomagnetic activity which follow the main phases of magnetic storms are not caused by the storms but are due to freshly injected solar wind energy associated with interplanetary Alfvén waves. This type of geomagnetic activity is high in peak intensity ( $AE > 1000$  nT), long in duration ( $> 2$  days) and continuous, and is therefore called HILDCAAs (High Intensity, Long Duration Continuous AE Activity) for short. It is speculated that most geomagnetic substorms may thus be caused by Alfvén waves. A careful look at this energy injection process is currently being examined using data from a spacecraft closer to the Earth's magnetosphere, IMP-B. Recent results from this study will be discussed.

The general topic of coupling between the sun, the solar wind and the Earth's magnetosphere will receive major focus in NASA plans, as



the joint United States, European and Japanese Space Agencies' (NASA-ESA-ISAS) ISTP program gets underway in the 1990s. A brief perspective of the overall program will be given.

1 Gonzalez, W.D., and B.T. Tsurutani, On the Cause of Magnetic Storms, Planet Spa. Sci. 1987.

1 Tsurutani, B.T. and W.D. Gonzalez, The Cause of High-Intensity Long-Duration Continuous AE Activity (HILDCAAs): Interplanetary Alfvén Wave Trains, Planet. Spa. Sci., 35, 405, 1987.

\* Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena - California 91109, USA.

+ Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brazil



Alfven Waves and their Relatives  
in the  
Solar Atmosphere and Solar Wind

Joseph V. Hollweg

Department of Physics  
and  
Institute for the Study of Earth,  
Oceans, and Space  
University of New Hampshire  
Durham, NH 03824  
USA

For almost two decades it has been known that Alfven waves are frequently present in the solar wind. Their sense of propagation is frequently outward from the sun, and it is generally believed that they are generated by the motions in the sun's convection zone. Three lines of evidence suggest that the energy flux at the coronal base may be enough to heat the corona and drive the solar wind: (1) The waves are observed to damp beyond 0.29 AU, and reasonable extrapolations back to the sun imply large energy fluxes there. (2) Faraday rotation fluctuations induced by magnetic field fluctuations in the corona are consistent with the presence of waves with enough energy to drive the high-speed solar wind streams. (3) If the 'turbulent' coronal velocities deduced from the broadening of spectral lines are Alfven waves, then the inferred wave energy fluxes are again substantial. Thus the sun may indeed efficiently radiate Alfven waves, and much work has been done on their propagation through the chromosphere, corona, and solar wind, and on their possible dynamic and thermodynamic consequences.

In these lectures we will review the basic observations of waves in the solar wind, and the additional information derived from coronal observations. We will emphasize some of the difficulties with the simple wave interpretation,





and possible connections with turbulence. We will also discuss recent solar wind models which try to incorporate waves and turbulence together. One model (due to Hollweg) puts the corona and wind on an equal footing, while the other (due to C.-Y. Tu) shows how turbulence/waves can explain the observed power spectral evolution beyond 0.29 AU.

We will also discuss the outstanding puzzles posed by the observed temperature and velocity evolution of the solar wind. These observations imply that energy is continuously transferred to the ions, presumably by waves. We will emphasize wave effects on the heavy ions, which still present theoretical problems.

We will review also wave effects in the solar atmosphere. We will consider transmission through the chromosphere and transition region, and we will emphasize how coronal loops and spicules may act as resonant cavities which enhance the transmission at preferred frequencies (and reduce it at other frequencies). We will also review the status of wave mechanisms in chromospheric and coronal heating. And we shall consider the possible dynamic roles of waves in producing structures such as spicules and fibrils.

We shall also say a little bit about the fast and slow modes, and the MHD surface modes. With regard to the surface modes, we shall discuss the phenomenon of resonance absorption in simple physical terms. We will discuss possible roles of resonance absorption in coronal loops, spicules, and sunspots. And we shall also discuss other applications of resonance absorption in astrophysics, laboratory plasmas, and geophysics. We shall also speculate on possible connections between resonance absorption and turbulence.

In all topics, we will emphasize physical content, and keep the mathematics to a minimum.



### Key References

- Barnes, A., Hydromagnetic waves and turbulence in the solar wind, in Solar System Plasma Physics, edited by C. F. Kennel, L. J. Lanzerotti, and E. N. Parker, p. 249, North-Holland, Amsterdam, 1979.
- Barnes, A., Turbulence and dissipation in the solar wind, in Solar Wind Four, edited by H. Rosenbauer, p. 326, Max-Planck-Institute, Lindau, Federal Republic of Germany, 1981.
- Barnes, A., Hydromagnetic waves, turbulence, and collisionless processes in the interplanetary medium, in Solar-Terrestrial Physics, edited by R. L. Carovillano and J. M. Forbes, p. 155, D. Reidel, Hingham, Mass., 1983.
- Barnes, A., and J. V. Hollweg, Large-amplitude hydromagnetic waves, J. Geophys. Res., 79, 2302, 1974.
- Bavassano, B., M. Dobrowolny, F. Mariani, and N. F. Ness, Radial evolution of power spectra of interplanetary Alfvénic turbulence, J. Geophys. Res., 87, 3617, 1982b.
- Belcher, J. W., and L. Davis, Jr., Large-amplitude Alfvén waves in the interplanetary medium, 2, J. Geophys. Res., 76, 3534, 1971.
- Hollweg, J. V., M. Bird, H. Volland, P. Edenhofer, C. Stelzried, and B. Seidel, Possible evidence for coronal Alfvén waves, J. Geophys. Res., 87, 1, 1982.
- Hollweg, J. V., Some physical processes in the solar wind, Rev. Geophys. 16, 689, 1978.
- Hollweg, J. V., Heating of the solar wind, The Sun as a Star, NASA Spec. Publ., SP-450, 355, 1981a.
- Hollweg, J. V., Resonances of coronal loops, Astrophys. J., 277, 392, 1984.
- Hollweg, J. V., Energy and momentum transport by waves in the solar atmosphere, in Advances in Space Plasma Physics, ed. by B. Buti, World Scientific, p. 77, 1985.



- Hollweg, J. V., Transition region, corona, and solar wind in coronal holes, J. Geophys. Res., 91, 4111, 1986.
- Hollweg, J. V., Resonance absorption of MHD surface waves: physical discussion, Ap. J., 312, 880, 1987.
- Isenberg, P. A., and J. V. Hollweg, Finite amplitude Alfvén waves in a multi-ion plasma, propagation, acceleration and heating, J. Geophys. Res., 87, 5023, 1982.
- Isenberg, P. A., and J. V. Hollweg, On the preferential acceleration and heating of solar wind heavy ions, J. Geophys. Res., 88, 3923, 1983.
- Ionson, J. A., Astrophys. J., 226, 65D, 1978.
- Kuperus, M., J. A. Ionson, and D. S. Spicer, On the theory of coronal heating mechanisms, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 19, 7, 1981.
- Matthaeus, W. H., and M. L. Goldstein, Measurements of the rugged invariants of magnetohydrodynamic turbulence in the solar wind, J. Geophys. Res., 87, 6011, 1982a.
- Parker, E. N., Heating of the outer solar atmosphere, in Solar-Terrestrial Physics, edited by R. L. Carovillano and J. M. Forbes, p. 129, D. Reidel, Hingham, Mass., 1983.
- Rosner, R., W. H. Tucker, and G. S. Vaiana, Dynamics of the quiescent solar corona, Astrophys. J., 220, 643, 1978.
- Tu, C., Z. Pu, and F. Wei, The power spectrum of interplanetary Alfvénic fluctuations: Derivation of the governing equations and its solution, J. Geophys. Res., 89, 9695, 1984.
- Wentzel, D. G., Coronal heating, The Sun as a Star, NASA Spec. Publ., SP-450, 331, 1981.
- Withbroe, G. L., and R. W. Noyes, Mass and energy flow in the solar chromosphere and corona, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 15, 363, 1977.



**TRABALHOS CONVIDADOS**

**(INVITED PAPERS)**





CAPTURA DE MATÉRIAS POR OBJETOS COMPACTOS  
EM ASTROFÍSICA

J.E. Steiner

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
São José dos Campos - SP - Brasil

É apresentada uma visão geral dos processos de captura de matéria por objetos compactos em Astrofísica. Anãs brancas, estrelas de neutrons e buracos negros ao capturarem gás de sua vizinhança, liberam a energia potencial deste gás na medida em que este se aproxima do objeto central. Esta energia é irradiada em forma de raios-x, fótons ultravioleta e luz visível. Existe hoje uma grande variedade de dados e modelos relativos a este tipo de processo. É dada ênfase em alguns resultados mais recentes.



## OBSERVAÇÃO DA INTERAÇÃO DO VENTO SOLAR COM A CAUDA COMETÁRIA

Oscar Toshiaki Matsuura  
Instituto Astronômico e Geofísico - USP  
C. Postal 30.627 - CEP 01051 São Paulo, SP

A orientação anti-solar das caudas constitui um problema cometário desde o advento da Era Científica. Só no começo deste século, a espectroscopia e a polarimetria permitiram diferenciar caudas de poeira das de gás (ions). Na década de 50, Biermann postulou a ação da "radiação corpuscular do Sol" (vento solar) nas caudas de gás e, poucos anos depois, Alfvén estabeleceu a importância da mediação do campo magnético. Com base nesses pressupostos foram elaborados modelos estacionários MHD da interação, cujas previsões têm se confirmado com relativo êxito, principalmente no que diz respeito ao efeito de aberração e à estrutura de descontinuidades na região subsolar da interação.

Fenômenos transitórios de ruptura da cauda, assim como o aparecimento de estrutura finas (raios, bandeirolas, nós, bossas, hélices, nuvens de Swan), vêm sendo estudados através do formalismo de ondas e instabilidades MHD. Dentre os problemas teóricos com tratamento ainda incipiente pode-se citar: o caráter discreto dos raios, o possível acoplamento íon-poeira e a alta taxa de ionização do  $CO^+$ . Observacionalmente deve ser resolvida a ambigüidade na explicação do movimento de detalhes estruturais da cauda: propagação de onda ou movimento de matéria. Mais observações de perfis de brilho de íons com espectrogramas de fenda poderão ajudar a diagnosticar a estrutura da ionosfera. Finalmente, imagens obtidas na fase de oposição poderão informar sobre a secção reta da cauda.



## SUPERLUMINAL PHENOMENA IN QSO

Z. Abraham

INPE: Instituto de Pesquisas Espaciais, Departamento de Rádio-  
Astronomia e Física Solar, S. Paulo, SP.

The radio spectra of QSO show that the radio emission is due to ~~synchrotron radiation of relativistic electrons~~, with a power law energy distribution. Homogeneous and non-homogeneous models for the source predict maximum flux density at a frequency that depends on the flux density, angular size and redshift of the QSO. However, a large number of QSO present plane spectra in a large frequency range. An explanation for this fact is that each spectrum is formed by the superposition of the spectra of several components. This is known as the "cosmic conspiracy". These radiosources are also variable, the correlation between the variability at different frequencies is not well understood. Interferometric observations with very long base line (VLBI) confirm the existence of several components, separated by angular distances of the order of milliseconds, which correspond to linear distances of a few parsecs. Observations at different epochs along the last 10 years show that the structure of the QSO changes with time, in many cases the different components seem to separate from a fixed source at superluminal velocities. In this conference we will review the VLBI observations; some of them obtained with the Itapetinga radiotelescope and discuss several theories which try to explain the superluminal phenomena.



## INSTABILIDADES EM FONTES DE RÁDIO EXTENSAS

Reuven Opher

Instituto Astronômico e Geofísico

Universidade de São Paulo

Av. Miguel Stéfano, 4200

04301 - São Paulo, SP

Brasil

Discutimos a formação da estrutura filamentar em radio fontes extensa (RFE) pela instabilidade térmica (Gouveia Dal Pino e Opher 1987) e a reaceleração dos elétrons relativísticos, a geração de correntes elétricas, e a colimação de jatos, por ondas Alfvén cinéticas (OAC) (Jafelice e Opher 1987). Ondas Alfvén superficiais são convertidas para o modo OAC produzindo potenciais aceleradores  $\gtrsim 1$  MeV. Correntes elétricas são geradas paralelas ao campo magnético de fundo devido ao amortecimento de Landão pelo qual as OAC aceleram elétrons. As correntes são maiores que as necessárias para que um jato extragalático seja auto-confinado magneticamente. Evidências observacionais recentes da existência de estruturas filamentares detectadas em radio em medidas de alta resolução em alguns jatos, como Cen A, e nos lobos de certos radio fontes, como Cyg A. A instabilidade térmica cria uma condensação em um tempo  $\sim 2-2 \times 10^5$  anos no jato de Cen A e  $\sim 6 \times 10^6$  anos no lobo de Cyg A, suficiente para explicar a existência da estrutura filamentar observada.





## POLAR REGION PHENOMENA AND IMF Bx, By, Bz EFFECT

M. Kazuo MAKITA

Takushoku University  
Bunkyo, Tokyo 112, Japan

On the basis of auroral image and electron data obtained by DMSP satellite, the auroral dynamics and electron precipitation features are examined for the effect of interplanetary magnetic-field (IMF) Bx, By and Bz components. Each IMF components effects examined here are summarized as follows: (1) IMF Bx effect: The asymmetric enhancement of the polar rain flux is strongly controlled by the sector structure of IMF. Namely, the intense polar rain flux is mainly observed in the northern hemisphere for negative Bx. By contrast, for positive Bx values, the larger polar rain flux is observed in the southern hemisphere. These electron precipitation may be directly accessed to the polar cap through the interaction between magnetotail field and IMF. (2) IMF By effect: The appearance of transpolar  $\theta$  aurora and its development is asymmetrically observed in the dusk side for positive By or in the dawnside for negative By. It may suggest that the dynamics of aurora in the nightside are controlled by IMF By which may be interconnected to the dayside geomagnetic field line. (3) IMF Bz effect: The differences in the electron precipitation patterns, geomagnetic activity are recognized for small and large IMF Bz value. During the period of weakly northward IMF, there is a distinct polar cap area in the highest latitude region. By contrast, during strongly northward IMF, the entire polar region is often filled with burst type soft electron precipitation. The geomagnetic disturbances in the highest latitude region ( $> 80^{\circ}$ GMLAT) are less during a weak IMF Bz condition than those for a strongly northward IMF Bz condition.



## EQUATORIAL ELECTROJET - A REVIEW

R.P. Kane

Ministério de Ciências e Tecnologia - MCT

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

São José dos Campos, SP

The geomagnetic field has a diurnal variation viz. steady during night, a rise from 6AM to noon, a fall from noon to 6PM and then a steady level again. This pattern is seen between equator and about  $\pm 30^{\circ}$  latitudes, where we have these Sq (S=Sun, q=quiet) current system foci. Beyond these latitudes, the diurnal pattern reverses, showing a noon minimum. In the equatorial region, the northern and southern hemisphere Sq current systems add to each other and a small increase is expected. However, observations indicate a very large increase. It is known now that this increase is due to the peculiar (enhanced) Cowling conductivity at and near  $I=0$ . In the present review, historical evolution of the idea of this "equatorial electrojet" will be presented and the electrojet characteristics in different parts of the world will be discussed. Brazil is one of the few countries in the world where the equatorial electrojet occupies a considerable longitude, from Fortaleza (Ceará), roughly westwards. Later, the equatorial electrojet passes near Huancayo, Peru. The review will also show considerable differences between the electrojet characteristics on the east and west coast of the South American continent.



WORLD-WIDE, LOW-LATITUDE CORRELATED  
IONOSPHERIC VARIATIONS

J.H.A. SOBRAL AND M.A. ABDU

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
São José dos Campos - SP - Brasil

During the period 5-13 October 1984 diversified world-wide, low latitude ionospheric experiments were carried out for the first SUNDIAL experimental campaign. This work concerns their results which consisted of electric field and spread F data from the Jicamarca radar, ionosonde data from 15 stations and magnetograms from 5 stations operated in the American sectors. Also included are electronic polarimeters data obtained at Brazilian low latitudes. The data analysis has focused attention on the global scale steady state ionospheric behaviour and its predictability by global theoretical model of Sojka and Schunk (1985) and by the International Reference Ionospheric (IRI). The results are suggestive of the need to modify existing quiet time electric field and neutral wind models in varying degrees for different longitude sectors. The analysis also concerns global scale ionospheric transient behaviour in response to exo-ionospheric variabilities under disturbed conditions, in an approach towards better understanding of the factors that effect short term prediction schemes. Among the important outcomes of this study is the possibility of using longitude chain of equatorial ionosondes (and magnetometers) for investigation of equatorial ionospheric response to magnetospheric electric field penetration events and disturbance dynamo effects.



OPTICAL STUDIES OF LOW-LATITUDE IONOSPHERE IN  
BRAZIL - A REVIEW

Y. Sahai, B.R. Clemesha, H. Takahashi  
J.A. Bittencourt and N.R. Teixeira  
Ministério de Ciências e Tecnologia - MCT  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
São José dos Campos - SP

Airglow observations started at INPE in 1970. Since that date, considerable progress has been made and numerous photometers and an interferometer have been designed and constructed at this Institute. Several photometers are operated on a routine basis at Cachoeira Paulista, SP, and Fortaleza, CE, for ground-based airglow studies. The observations include measurements of the F-region (OI 6300 A and 7774 A) and mesospheric (OH(9-4) 7750 A, O atm. (0-1) 8645 A, NaD 5890 A and OI 5577 A) nightglow emissions. A 15 cm OI 6300 A Fabry-Perot interferometer to measure the thermospheric winds and temperatures is in operation at São José dos Campos, SP. INPE has recently embarked on a program of rocket sounding of the upper atmosphere in conjunction with the Institute of Space Activities (IAE) of the Brazilian Air Force. A SONDA III rocket vehicle developed by IAE was successfully used to launch two photometers at Natal, RN, on October 31, 1986 to make the first simultaneous measurement of the OI 6300 A and 5577 A F-region profiles in the equatorial ionosphere. Earlier, on December 11, 1985, two photometers were launched on-board a SONDA III rocket to measure the OI 5577 A and O atm. (0-0) 7619 A nightglow emission profiles originating in the mesospheric region. Further experiments are planned for the near future. In a cooperative bilateral project with the University of Texas at Dallas a photometer is operated at Cachoeira Paulista to observe the N 3914 A and 4278 A and H 4861 A nightglow emissions excited by energetic particle precipitations at low latitudes during magnetic disturbances. In another bilateral research project with Boston University, a low light level airglow





imaging system is operated at Cachoeira Paulista for studying the F-region morphology and motion of airglow structures. In this review, a summary of the research programs and some recent results of the low-latitude ionospheric studies will be presented.



# Campos Elétricos na Ionosfera Equatorial

E. Bonelli

Grupo de Geofísica

Departamento de Física Teórica e Experimental

Centro de Ciências Exatas, UFRN.

59.000 Natal RN.

## Resumo

O campo elétrico ionosférico é devido principalmente à ação de ventos (marés) sobre o plasma, na presença do campo geomagnético [Heelis, 1974]. Esse fenômeno é chamado de efeito dínamo ionosférico. As regiões E e F da ionosfera funcionam como dois dínamos diferentes, devido ao plasma nessas regiões ter um comportamento diferente (na região E o movimento dos íons é dominado pela colisão com partículas neutras, ao contrário do que ocorre na F). Esses dois dínamos interagem entre si, através das linhas do campo geomagnético, de forma que o campo na região F é devido à contribuição de ambas regiões.

O movimento do plasma da região F é dado pelo produto vetorial do campo elétrico pelo campo geomagnético. Esse movimento pode ser medido por radares e por experiências de cintilação ionosférica em sinais de satélite, dando informação sobre o campo elétrico daquela região. Por atuar sobre o movimento do plasma, esse campo elétrico é importante em todos os ramos da física da ionosfera.

Apesar de muito progresso ter sido alcançado na explicação do comportamento do campo elétrico da região F [Heelis, 1974; Bonelli et al 1984a, 1984b, 1985; Batista, 1986], alguns pontos ainda ficaram sem explicação. O principal deles é o aumento brusco do campo elétrico zonal (i.e., para leste) na hora do por do sol, em baixas latitudes. Recentemente, partindo de um esboço de solução em Bonelli [1985], Farley et al. [1986] chegaram a uma explicação física simples desse fenômeno. Dessa forma, o número de comportamentos inexplicados diminuiu.

Outro assunto polêmico, levantado por Bonelli [1985] é a variação do campo elétrico zonal com a altura, acreditada como praticamente não existente durante mais de uma década, devido ao trabalho de Woodman [1970]. Evidência experimental recente, entretanto, veio confirmar que há uma dependência com altura. Essa dependência revelou-se importante para a teoria, pois os dados apontam para a irrotacionalidade do campo elétrico ionosférico [Murphy et Heelis, 1986; Pingree et Fejer, 1987].



## Referências

- . Batista, I.S., "Dinamo da região F equatorial, Tese de Doutorado, INPE, 1986.
- . Bonelli, E.; M.F. Larsen; B.G. Fejer and D.T. Farley, "Numerical Modeling of Low Latitude Ionospheric Electric Fields", AGU Spring meeting, EDS 65, Nº 16, 1984a.
- . Bonelli, E.; M.F. Larsen, B.G. Fejer and D.T. Farley, "Low Latitude Ionospheric Electric Field: A Numerical Model", 7<sup>th</sup> International Symposium on Equatorial Aeronomy, 1984b.
- . Bonelli, E. "Equatorial Electric Fields", Ph.D. Thesis, Cornell University, University Microfilms International, 1985.
- . Farley, D.T.; E. Bonelli; B.G. Fejer, and M.F. Larsen, "The Prereversal Enhancement of the Zonal Electric Field in the Equatorial Ionosphere" J. Geophys. Res., 91, 13723-2B, 1986.
- . Heelis, R.A.; P.C. Kendall; R.J. Moffett; D.W. Windle and H. Rishbeth, "Electrical Coupling of the E - and F - regions and its effect on F-region drifts and winds", Planet. Space Sci., 22, 743-756, 1974.
- . Murphy, J.A., and R.A. Heelis, Implications of the relationship between electromagnetic drift components at mid and low latitudes, Planet. Space Sci., 1986.
- . Pingree, J.E., and B.G. Fejer, On the Height Variation of the equatorial F-Region Vertical Plasma Drifts, J. Geophys. Res., 1987.
- . Woodman, R.F., "Vertical Drift Velocities and East - West Electric Fields at the Magnetic Equator", J. Geophys. Res., 75, 6249, 1970.



. RAPID FLUCTUATIONS IN SOLAR FLARES

P. Kaufmann and E. Correia

INPE: Instituto de Pesquisas Espaciais, Departamento de Rádio Astronomia  
e Física Solar, R.Traipú 423, 01235 -S.Paulo,SP.

Abstract

Ultrafast time structures have been identified in the impulsive phase of solar flares at microwaves, mm-waves and hard X-rays. These results bring profound implications in the diagnostics and interpretation of energetic processes at the origin of flares. We briefly review the results obtained in the past solar cycle and discuss suggested models on acceleration mechanisms associated to the discrete primary burst components.





## SOLAR WIND - MAGNETOSPHERE COUPLING

W.D. GONZALEZ AND A.L.C. GONZALEZ

Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

São José dos Campos - SP

In this talk the following aspects of solar wind - magnetosphere coupling will be reviewed: (1) statistical studies on the relationship of interplanetary parameters with magnetospheric dissipation parameters, in order to look for basic observational clues about solar wind - magnetospheric interaction processes, (2) dimensional and theoretical studies on electric field and energy transfer from the solar wind to the magnetosphere, via large scale magnetosphere-reconnection, (3) observational evidences about electric field, magnetic flux and energy transfer due to magnetopause reconnection, (4) observational evidence of transfer processes not related to reconnection, including some relate theoretical expectatives, (5) magnetospheric tail response to magnetopause reconnection, "driven" versus "unloading" hypothesis for energy volume in the tail, (6) dependence of geomagnetic storms and substorms on solar wind parameters, (7) studies on the origin of intense storms and substorms in the interplanetary medium and at the sun, (8) numerical prediction of geomagnetic storms, (9) ionospheric response to changes in solar wind parameters, including high latitude-low latitude ionospheric coupling, and (10) future programs and missions related to solar wind-magnetosphere coupling.

Some or standing problems related to these subjects, not as yet understood, will be also addressed with the main goal of unifying the apparently diverse subjects of research mentioned above.



## REFERENCES

- AKASOFU S.I and FRY, C.F. A first generation numerical geomagnetic storm prediction scheme, Planet. Space Sci., 34, 77, 1986.
- BUTLER, D.M. and K. PAPADOPOULOS, Solar Terrestrial Physics: Present and Future, NASA report 1120, 1984.
- CAROVILLANO, R.L. and J.M. FORBES, Solar Terrestrial Physics, D. Reidel publishing Co., 1983.
- GONZALEZ, W.D. and B.T. TSURUTANI, Criteria of interplanetary parameters causing intense magnetic storms ( $Dst < -100nt$ ). Planet. Space Sci., in press, 1987.
- KAMIDE, Y and J.A. SLAVIN, Solar Wind-Magnetosphere coupling, D. Reidel publishing Co., 1986.
- KRIMINGS, S.M. An implementation plan for priorities in solar-system space physics, National Academy press, 1985.
- STERN, D.P. Energetics of the Magnetosphere, Space Sci. Rev., 39, 193, 1984.
- TSURUTANI, B. T. and W.V. GONZALEZ, The cause of hig-intensity long-duration continuous auroral activity (HILDCAAS): interplanetary Alfvén wave-trains, Planet. Space Sci., in press, 1987.



# NONLINEAR WAVE-WAVE INTERACTIONS IN SPACE PLASMAS

Abraham C.-L. Chian

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

São José dos Campos - SP, Brasil

Radioemissions generated by planets, stars and other astrophysical objects are of considerable importance in the study of comparative magnetospheres<sup>1</sup>. Informations obtained on the physical processes that generate radio emissions in the plasma around the Earth and other planets can be used to interpret electromagnetic emissions received from distant stars and galaxies. Nonlinear wave-wave interactions may be an effective way of converting beam-generated electrostatic plasma waves into electromagnetic radiations. In this paper, we focus our attention on the mechanism by which electrostatic Langmuir waves are converted into electromagnetic waves near the fundamental plasma frequency. We show that intense Langmuir waves may interact with low-frequency density fluctuations to excite the following types of electromagnetic parametric instabilities: (i) normal decay/fusion instabilities, (ii) modified decay/fusion instabilities, (iii) subsonic oscillating two-stream instabilities and (iv) supersonic oscillating two-stream instabilities. Nonlinear growth rates and excitation conditions for each type of instability are determined. We discuss the application of our theoretical results to pulsar radio emission<sup>2</sup>, interplanetary type-III radio bursts<sup>3</sup> and radio emission upstream of the Earth's bow shock<sup>4</sup>.

## REFERENCES

- [1] LANZEROTTI, L.J. and KRIMIGIS, S.M. *Physics Today*, November, 24 (1985).
- [2] CHIAN, A.C.L. and KENNEL, C.F. *Astrophysics and Space Science* 97, 9 (1983).



- [3] CHIAN, A.C.L. and ALVES, M.V., Physical Review Letters, submitted (1987).
- [4] CHIAN, A.C.L. Journal of Geophysical Research, to be submitted (1987).





## Estrutura de potencial em plasma auroral

F. Rogério F. Aragão  
Departamento de Física  
Universidade de Brasília  
Brasília - DF

Medidas de campos elétricos, corrente alinhada ao campo magnético e densidade de plasma obtidas por métodos diretos e indiretos tem sido realizadas nos últimos anos na região auroral tanto através de foguetes quanto através de satélites. Estas medidas revelaram valores de campo elétrico locais muito maiores que os esperados, introduzindo modificação no modelo para as equipotenciais na região polar até 8000 km de altura. Discute-se aqui um modelo para a estrutura de potencial elétrico paralelo ao campo magnético que considera soluções não-quasi-neutras. O espaço de soluções para o modelo é feito considerando-se vários valores para os parâmetros relacionados com gradiente de campo magnético e temperatura das partículas dos fluxos. O efeito do gradiente de campo magnético resulta entre outros efeitos na eliminação de bifurcações existentes no diagrama de soluções. As possíveis soluções observadas no espaço de soluções englobam aquelas que correspondem à ordem de grandeza do campo elétrico observado.



## ONDAS NÃO LINEARES EM PLASMAS DE MULTIESPÉCIES

Felipe B. Rizzato, Ruth S. Schneider e Darcy Dillenburg

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

A presença, em um plasma, de dois tipos de íons diferentes, modifica a equação de K-deV e pode afetar as propriedades de solitons acústico-iônicos. Assim, por exemplo, o acréscimo de uma pequena percentagem de íons mais leves, como os de hélio, à um plasma de argônio, afeta drasticamente a formação do soliton de íons pesados. Se a terceira espécie de partícula é constituída por íons negativos, surgem no plasma solitons de rarefação, cuja existência foi demonstrada por experimentos realizados no Brasil. Neste caso, ocorre mudança de sinal do coeficiente do termo não linear da equação de K-deV e, em particular, é possível encontrar uma densidade de íons negativos que anula o coeficiente. A evolução dinâmica do sistema não linear na vizinhança desse valor crítico é regida por uma nova equação, cujas soluções podem diferir completamente das anteriores. A situação é análoga à que ocorre na propagação de ondas em um fluido estavelmente estratificado em duas camadas, onde o parâmetro que assume valor crítico é a razão das espessuras das camadas.

A presença de múltiplas espécies de partículas carregadas afeta também a modulação de amplitude de uma onda quase-monocromática que se propaga em um plasma, e que é regida, no caso de elétrons e íons, pela equação não linear cúbica de Schrödinger. A instabilidade modulacional é determinada pelo sinal do produto dos coeficientes do termo não linear e do termo dispersivo dessa equação. A presença de uma terceira componente no plasma, como positrons por exemplo, permite o anulamento do coeficiente do termo não linear. Essa situação corresponde a um estado marginal da instabilidade, e a equação de evolução não linear deve ser modificada para descrever o sistema na vizinhança do valor crítico da densidade de positrons, conduzindo a novos tipos de ondas não lineares. Novamente é possível identificar outros sistemas dispersivos análogos que apresentam comportamento similar. Um exemplo são ondas de gravidade na água, onde o parâmetro crítico é a razão entre a profundidade e o número de onda.



EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DOUBLE-LAYERS  
FORMED BY ION-ACOUSTIC TURBULENCE

G.O. Ludwig, J.L. Ferreira, A. Montes  
Laboratório Associado de Plasmas  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
12225 - São José dos Campos, SP, Brazil

Numerical simulations carried out by Sato and Okuda<sup>1</sup> have shown that double-layers can be formed by ion-acoustic turbulence excited by a drifting population of cold electrons in a background plasma. The corresponding anomalous resistivity gives rise to a localized potential step that further accelerates the cold electrons and maintains the ion-acoustic double-layer. This bootstrap mechanism has been investigated in a double-plasma device at INPE. The usual grid separating the source and target plasmas has been replaced by a magnetic picket fence made of permanent magnets with a 0.15T magnetic flux density at the surface. The working pressure is  $4.2 \times 10^{-4}$  mbar (Argon) and typical plasma parameters are: electron density  $n_e = 1.2 \times 10^{15} \text{ m}^{-3}$ , electron temperature  $T_e = 2.2 \text{ eV}$ , and ion temperature  $T_i \sim 0.2 \text{ eV}$ . The plasma potential is measured by an emissive probe and the electron drift velocity by double faced Langmuir probes.

When only the source plasma is turned on, a stream of cold electrons ( $T_e \approx 0.3 \text{ eV}$ ) diffuses through the magnetic fence and is detected in the target chamber. When the target plasma is also turned on, a density unbalance can be setup between the two plasmas with the relative density of the cold beam streaming into the target plasma  $n_b/n_e \approx 0.13$ . The drift velocity  $v_d$  of the beam is much larger than the ion-acoustic velocity  $C_s$  ( $v_d/C_s \approx 20$  in a pure Argon plasma). Under these conditions, strong ion-acoustic turbulence is generated in the target plasma. The corresponding spectrum has been measured and agrees reasonable well with the prediction of the modified Kadomtsev spectrum from renormalized theory<sup>2</sup>. The turbulent anomalous resistivity is estimated to be  $\eta^* = 7.0 \Omega \text{ m}$ , at the position of maximum density fluctuations, corresponding to an effective collision frequency  $\nu^* = 3.1 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$ , much larger than the electron-neutral collision frequency. From the measured temperature profile it can be verified that the diffusing cold electrons are heated by the turbulent fields up to the temperature of the plasma electrons, on a scale length corresponding to the extent of the double-layer ( $\sim 200 \lambda_e$ ). The measured potential step is of the order of 0.4V.

In order to check the role of the ion-acoustic turbulence on the formation of the double-layer, a gradual quenching of the turbulence is effected by the introduction of small quantities of Helium in the discharge to enhance Landau damping. The spectrum of the ion-acoustic turbulence is measured for relative concentrations of Helium ions,  $r$ , equal to 0, 0.03, 0.07 and 0.23. For increasing concentrations of the light ion the level of fluctuations decreases and is almost nonexistent for  $r = 0.23$ . There is also a corresponding decrease in the value of  $v_d/C_s$  and in the potential step of the double layer, which does not form at the highest value of  $r$ . In this case ( $r = 0.23$ ) two electron temperatures are observed in the target plasma. The value of the drift



velocity, measured in the presence of the double-layer in the case of a pure Argon plasma, is consistently above the threshold value for the excitation of ion-acoustic turbulence predicted by linear theory. However, in the Argon-Helium mixture the double-layer persists for drift velocities much smaller than the values computed from linear theory, suggesting that the threshold values are lowered in the presence of strong turbulence.

1. J. Sato and H. Okuda, Phys. Rev. Lett. 44, 770 (1980).
2. D.I. Choi and W. Horton Jr., Phys. Fluids 17, 2048 (1974).





## THE LABORATORY DOUBLE LAYERS

Homero Santiago Maciel

Departamento de Física - ITA-CTA

12225 - São José dos Campos - SP

A double layer (DL) is defined as a monotonic transition of the electric potential connecting smoothly two differently biased plasmas. From laboratory experiments and numerical simulations combined with theoretical considerations, the following general picture of DLs has emerged:

- i) The potential profile of a DL is produced by a localized dipole-like charge distribution surrounded by plasma. The potential drop,  $\phi_{DL}$ , that a DL can sustain is of the order of, larger or much larger than the equivalent thermal potential,  $KT_e/e$ , of the plasma. Potential drops in the range of  $\phi_{DL} = (1-2000)KT_e/e$  have been experimentally observed over structures interpreted to be DLs. Accordingly, the DLs with  $\phi_{DL}/KT_e = 1, <10, >10$  and  $\gg 10$  have been classified as very weak, weak, strong and very strong respectively (Hershkowitz, 1985).
- ii) Inside the DLs, the ions and electrons which account for the space charge are acted upon by the electric field. Some of the particles are accelerated and form beams on both sides of the DL while the rest are either decelerated or reflected. The potential across the DL, giving this acceleration, must be maintained by the external system and is a basic parameter for the local to global coupling.
- iii) The electric field which gives rise to the potential drop across the DL is generated by space charges according to Poisson's equation. The space charges are primarily concentrated in two adjacent layers of opposite polarity, hence the term double layer. The electric field is much weaker in the plasmas that surround the DL than in the layer itself. It therefore contains



approximately equal number of positive and negative charges; iv) The thickness of the DL is generally much smaller than the mean free path of the ions and electrons. v) A DL has not only a one-dimensional structure. A wide variety of shapes of the potential step have been observed in experiments, including two-dimensional, U-shaped and V-shaped DLs vi) DLs can be stationary or moving. They are sometimes, but not always, associated with significant plasma fluctuations. There is no question that the ion and electron distribution function can give rise to instabilities. It is now an open question as to how "stable" DL structures can be. There is, however, a considerable body of evidence that the time averaged structures have shapes that are relatively insensitive to the level of fluctuations. vii) Effects of ionization, geometry and wall (boundary) may play an important role on the generation of some kind of DLs. From the experiments, it is well known that the formation and development of a DL does not only depend on the plasma in which it occurs, but also on the whole circuit of which it is an integral part.

The emphasis of the present work is on the insight and original contributions that the laboratory experiments have provided. In some experiments, external effects of the DLs such as current limitation, potential drop, voltage surges and accelerated particles have been investigated, while in others, rather the internal structure of the DLs has been studied.

#### REFERENCES

- CARLQVIST, P. (1979), in "Wave instabilities in Space Plasmas" (Ed. P. J. Palmadesso and K. Papadopoulos), 83.
- HERSHKOWITZ, n. (1985), to be Published in Space Sci.Reviews.
- TORVÉN, S. (1979) in "Wave instabilities in Space Plasmas" (Ed. by P.J. Palmadesso and K. Papadopoulos), 109.



## SIMULAÇÃO DE ATMOSFERAS PLANETÁRIAS EM LABORATÓRIO

Carlos Viana Speller  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA  
Centro Técnico Aeroespacial - CTA  
12225 - São José dos Campos, SP

As atmosferas planetárias são constantemente bombardeadas por radiações cósmicas galácticas, radiação solar etc., as quais induzem a formação de íons, elétrons, espécies excitadas e radicais misturados à atmosfera neutra "original". As diversas espécies interagem entre si, levando à uma evolução permanente desse meio parcialmente ionizado, modificando, dessa forma, suas características através do tempo. Os íons atmosféricos, além de controlarem as propriedades elétricas atmosféricas, possuem outros efeitos físicos, químicos e, possivelmente, biológicos. A evolução físico-química de atmosferas, bem como de atmosferas cometárias e nuvens interestelares, constitui, atualmente, alvo de grande interesse por parte de cientistas das mais diversas áreas, incluindo sobremaneira aqueles que atuam na área de cosmoquímica e exobiologia.

Como acompanhar na prática uma tal evolução? Sabemos que para obter-se uma compreensão detalhada dos processos físico-químicos envolvidos neste cenário, não há substituto para medidas "in-situ", realizadas através de instrumentação apropriada acoplada às sondas espaciais que são enviadas em missão de exploração. Entretanto, os programas especiais envolvem custos altíssimos, são de difícil realização, limitados em suas possibilidades experimentais, além do fato de que nem sempre o acesso à "atmosfera" visada é possível. A alternativa, nesse caso, consiste em recorrer-se aos telescópios baseados na Terra, e à simulação dos processos a serem estudados utilizando-se instrumental disponível em laboratório.

Na prática, a simulação consiste em reproduzir, não a atmosfera original, mas o fenômeno a ser investigado, de maneira consistente com as condições presentes na atmosfera.

A espectroscopia de massas, utilizada para a análise tanto de espécies neutras quanto de espécies iônicas, juntamente com a espectroscopia óptica, têm sido largamente utilizadas como técnicas de diagnóstico em medidas de interesse físico-químico em experiências de simulação de



atmosferas planetárias realizadas em laboratório.

Uma abordagem geral sobre o tema, dando ênfase à utilização de técnicas de espectroscopia de massas em tais estudos de simulação será apresentada durante a palestra.





## ESTUDO DE FENÔMENOS AURORAIS EM LABORATÓRIO

A.R. DE SOUZA

Depto. de Física/UFSC - Florianópolis-SC.

A identificação dos mecanismos responsáveis pela excitação do oxigênio  $O(^1S)$ , fonte da raia verde das auroras ( $\lambda = 558 \text{ nm}$ ), continua a ser um dos problemas centrais da aeronomia. Dentre os vários mecanismos, a maior parte dos autores, estão de acordo que a reação  $N_2(A^3\Sigma) + O(^3P)$  deve ter uma contribuição não desprezível. Por outro lado a importância desta contribuição continua a gerar controvérsias.

No presente trabalho mostramos um estudo desta reação, realizado em laboratório. Uma descrição da técnica de pós-luminescência em fluxo bem como da produção das espécies reativas  $N_2(A^3\Sigma)$  e  $O(^3P)$  é mostrada de uma forma sucinta. Os resultados obtidos são apresentados e mostram uma eficiência de 80% para a formação de oxigênio  $O(^1S)$ . Uma discussão dos diversos mecanismos de formação do oxigênio  $O(^1S)$  nas auroras, é feita tendo em vista os resultados obtidos em laboratório.



**TRABALHOS SUBMETIDOS**

**(CONTRIBUTED PAPERS)**



EQUILIBRIO MICROSCOPICO EN LA MAGNETOPAUSA DIURNA.  
RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Gustavo A. Medina Tanco\* y Victor H. Ríos\*\*

Laboratorio de Ionósfera, Instituto de Física, Universidad Nacional de Tucumán, Independencia 1800, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.

En el presente trabajo se analizan los estados de microequilibrio en la magnetopausa terrestre diurna. Para dicho análisis se ha considerado la condición general de equilibrio estático entre un plasma anisotrópico y un campo magnético arbitrario, particularizada al caso de una discontinuidad tangencial unidimensional. Siguiendo los lineamientos de Z. -L. Wu (1986) se ha calculado la componente normal a la magnetopausa del tensor de presiones para funciones de distribución de velocidades iónicas y electrónicas, medidas por el satélite IMP-8 (M. J. Eastman, Ph.D. Thesis, 1979) a distintas horas locales sobre la magnetopausa diurna (días 22 de Mayo de 1972, 20 de Junio de 1972 y 1 de Mayo de 1973).

El cálculo del tensor de presiones ha involucrado la resolución de integrales triples en el espacio de fase, habiéndose utilizado para esto métodos numéricos.

Los resultados obtenidos se han comparado con los que surgen de considerar funciones de distribución de velocidades maxwellianas desplazadas ajustadas con parámetros acorde a los medidos en los pasajes ya citados. Se observan similitudes entre ambos resultados, experimentales y teóricos, con estados de microequilibrio para los primeros y micro nonequilibrio para los últimos.

---

\* Becario del CONICET

\*\* Miembro de la Carrera del Investigador del CONICET.



## LONG TERM IMF-SECTOR STRUCTURE VARIABILITY

A.L.C. GONZALEZ and W.D. GONZALEZ

Ministério de Ciências e Tecnologia - MCT

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

São José dos Campos - SP

The daily data of the polarity of the interplanetary magnetic field for the years 1926-1982, given by Matsushita and Trotter (1980) and by Svalgaard (1975, 1976), were studied by means of a power spectrum analysis in order to determine prevailing structures of this polarity as well as to search for recurrences in those structures (Gonzalez and Gonzalez, 1987). On a global scale, the presence of significant peaks at about 27.5, 13.5, 9.1 and 6.8 days was observed, with amplitudes decreasing in that same order. However, for shorter intervals of time (of the order of one year) the resulting spectral distribution does not necessarily present the same characteristics, particularly concerning the relative power of the peaks at about 27.5 and 13.5 days. These results were interpreted through a simulation with rectangular waves, as cases that correspond to a two-sector or to a four-sector structure, when the dominant peak is that of about 27.5 or 13.5 days, respectively.

By performing an annual survey of the data, it was found that there is a continuous change in the type of dominant structure, with intervals having well defined two-sector structure alternating with those having either a less defined structure or a well-defined four-sector structure. A further application of the power spectrum technique to this type of alternating variability in the dominant structure led to the conclusion that significant periodicities of about 3.7 and 1.5 years seem to exist in such a variability. These periodicities become important when compared to similar ones reported in studies of solar





and geomagnetic activity (Sugiura and Poros, 1977; Sugiura, 1980; Frazer-Smith, 1972; Delouis and Mayaud, 1975; Shapiro, 1967; Silverman and Shapiro, 1983).

Finally, a study of variations in the period corresponding to the peak of about 27.5 days was also accomplished, showing that it changes from about 28 days at the beginning of the solar cycle to about 27 days at the end of the cycle, as also found by Svalgaard (1972).

#### REFERENCES

- DELOUIS, H., and P.N. MAYAUD, Spectral analysis of the geomagnetic activity index aa over a 103-year interval; J. Geophys. Res., 80, 4861, 1975.
- FRAZER-SMITH, A.C., Spectrum of the geomagnetic activity index Ap. J. Geophys. Res., 77, 4209, 1972.
- GONZALEZ, A.L.C. and W.D. GONZALEZ, Periodicities in the interplanetary magnetic field polarity. J. Geophys. Res., in press, 1987.
- MATSUSHITA, S. and D.E. TROTTER, IMF sector behaviour deduced from geomagnetic data; J. Geophys. Res. 85, 2357, 1980.
- SHAPIRO, R. Interpretation of the subsidiary peaks and periods near 27 days in the power spectra of geomagnetic disturbance indices, J. Geophys. Res. 72, 4945, 1967.
- SHAPIRO, R. Semiannual variation of geomagnetic disturbance and its modulation of shorter period variations. J. Geophys. Res., 74, 2356, 1969.
- SILVERMAN, S.M., and R. SHAPIRO, Power spectral analysis of auroral occurrence frequency, J. Geophys. Res., 88, 6310, 1983.
- SUGIURA, M. What do we expect in magnetic activity in the current solar cycle?, EOS Trans. AGU, 61(43), 673, 1980.
- SUGIURA, M. and D.G. POROS, Solar generated quasi-biennial geomagnetic variation, J. Geophys. Res., 82, 5621, 1977.



ELECTRIC FIELDS AND LOW-ENERGY PARTICLES INSIDE  
THE PLASMASPHERE

O. Pinto Jr., W.D. Gonzalez  
O. Mendes Jr. and I.R.C.A. Pinto  
Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
São José dos Campos - SP

Some aspects related to electric fields and low-energy particles inside the plasmasphere are discussed. The main points are: (1) Large plasmaspheric electric fields measured around  $L = 2$  by the S3-3 satellite during strong geomagnetic periods. Since these fields have amplitudes comparable to those of the local corotation electric field, during such events the plasmasphere is expected to get strongly altered even at such low  $L$ -values (Gonzalez et al., 1986). (2) The dynamics of equatorial low-energy particles (electrons and protons with energies between 1 keV and 100 keV) inside the plasmasphere ( $L = 1.5 - 4.5$ ), during magnetically quiet periods, have been computed for an average quiet dynamo electric field model, that is deduced by incoherent scatter radar observations. It is concluded that electrons tend to corotate with the earth, whereas protons show a more complex dynamical behavior, strongly depending on energy and local time, presenting orbits similar to those of electrons, except for an  $L$ -dependent energy range in which closed orbits are found to exist within certain local time intervals.

REFERENCES

- GONZALEZ, W.D., O. PINTO JR. and O. MENDES JR., Large plasmaspheric electric fields at  $L=2$  measured by the S3-3 satellite during strong magnetic activity, Geophys. Res. Lett., 13: 363-365, 1986.
- PINTO JR., O.; O. MENDES JR., and W.D. GONZALEZ Dynamics of equatorial low-energy particles inside the plasmasphere during magnetically quiet periods, J. Geophys. Res., in press, 1987.



SVALGAARD L.; Interplanetary magnetic-sector structure, 1926-1971, J. Geophys. Res., 77, 4027, 1972.

SVALGAARD, L., An atlas of interplanetary sector structure 1957-1974, Rep. 629, Inst. for Plasma Res., Stanford Univ., Stanford, California, 1975.

SVALGAARD, L. Interplanetary sector structure 1947-1975, Rep. 648, Inst. for Plasma Res., Stanford Univ., Stanford, California, 1976.



X RAY FLUXES AT BALLOON ALTITUDES IN THE SOUTH  
ATLANTIC MAGNETIC ANOMALY

O. Pinto Jr., W.D. Gonzalez  
and A.L.C. Gonzalez

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
São José dos Campos - SP

A review of the status of the knowledge concerning X-ray measurements at balloon altitudes of the South Atlantic Magnetic Anomaly (SAMA) is presented, including a detailed description of the data obtained in two balloon-borne experiments using omnidirectional scintillation detectors in 1981. The results are also compared to similar ones obtained in the past (Ghiorso et al, 1964). The main conclusions achieved are: (1) During magnetically quiet periods, the principal X-ray components at balloon altitudes in the SAMA region are the diffuse extragalactic component and the atmospheric component, namely, X-rays secondary of cosmic rays. The X-ray flux associated with electron precipitation in the SAMA region at these times is, at least, one order of magnitude less than these components (Pinto and Gonzalez, 1986a). (2) During magnetically disturbed periods, such as those related to strong geomagnetic storms ( $|Dst|_{\max} > 100\text{nT}$ ), the X-ray component produced by electron precipitation in the SAMA region is dominant. This component is mainly related to electrons with energies between 100 keV and 1 MeV that, by turn, may be the dominante source of pair production at altitudes around 60 km (Pinto and Gonzalez, 1986b). (3) The time-variations of the X-ray fluxes measured on April 14, 1981, in association with a strong geomagnetic storm ( $|Dst|_{\max} = 291\text{nT}$ ), show evidences of a periodicity with a period around 108 sec, suggesting that resonant wave-particle or wave-wave-particle interactions take place at the SAMA region (Pinto et al., 1987).





## REFERENCES

- GHIELMETTI, H.S.; BECERRA, A.M. GODEL, H. HEREDIA, and J.G. ROEDERER, Enhancement of the X-ray intensity at balloon altitudes in the South American anomaly, Phys. Rev. Lett., 12: 388-390, 1964.
- PINTO JR., O. and W.D. GONZALEZ, Atmospheric X-rays of 11°S geomagnetic latitude, J. Atmos. Terr. Phys., 48: 485-489, 1986.
- PINTO JR., O.; and W.D. GONZALEZ, X-ray measurements at the South Atlantic Magnetic Anomaly, J. Geophys. Res., 91: 7072-7078, 1986.
- PINTO JR., O.; W.D. GONZALEZ, and A.L.C. GONZALEZ, X-ray time variations at the South Atlantic Magnetic Anomaly in association with a strong geomagnetic storm, J. Geophys. Res., submitted, 1987.



DECAIMIENTO DE LAS TEMPERATURAS ELECTRONICA E IONICAS  
DURANTE LA PUESTA DEL SOL EN LATITUDES MEDIAS†

VICTOR HUGO RIOS\*

Laboratorio de Ionosfera, Instituto de Fisica  
Universidad Nacional de Tucuman  
Av. Independencia 1800, (4000) San Miguel de Tucuman  
Argentina

Se resuelven las ecuaciones de calor para electrones e iones desde el plano ecuatorial a 300 km de altura para la primera la cual se considera como borde inferior  $T_e = T_n$  y para la segunda como borde inferior el de 500 Km de altura suponiendo de que ellos se encuentran en estado estacionario. Se calcula a partir de ellas los perfiles de temperaturas electrónicas hasta 9 Hs despues de la puesta del sol a intervalo de 60 minutos. Se observa primeramente que una línea de campo es virtualmente isotérmica arriba de los 2000 a 3000 Km y ademas que la velocidad de decaimiento de pérdida de calor desde la protonosfera se reduce con el tiempo. Asi, la temperatura ecuatorial la cual es una buena medida de esta velocidad de decaimiento en la primera hora decae 500K/h sin embargo al cabo de la novena hora su decaimiento es de 100 K/h. De la comparación entre el decaimiento de la temperatura ionica y electronica se observa que inicialmente la temperatura iónica esta debajo de la electrónica a 800 Km. Esta diferencia se reduce rápidamente y despues de 80 minutos  $T_i = T_e$  debajo de los 750Km. Esto se debe a que el perfil de temperatura iónica inicial se encuentra en estado estacionario mientras que los otros perfiles son dependientes del calor de conduccion.

† Trabajo parcialmente subvencionado por el CONICET

\* Miembro de la Carrera del Investigador del CONICET



## MAGNETIC CONTROL OF EQUATORIAL SPREAD-F

E. Bonelli, R.T. de Medeiros, O.R. Nelson, G.L. Borba.  
Deptº de Física, Centro de Ciências Exatas  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
59.072 Natal, RN, Brazil.

Scintillation experiments at Natal and Caicó (Brazil) show that the effect of magnetic storms is to inhibit the plasma instabilities responsible for the ionospheric irregularities responsible for spread-F and scintillations. In general, when scintillations occur late in the night, the  $K_p$  index for the local sunset is high. On the other hand, scintillation experiments using spaced antennae 250 km apart show that ionospheric irregularities occur mostly just after sunset. For this reason, scintillations occurring late in the night (around or after midnight) are due to irregularities that were produced hundreds of kilometers west of Natal. With this in mind, results can be explained as follows: the terminator moves westward with a velocity  $\sim 500$  m/s, and the unstable region follows it, with about the same speed. Whenever  $K_p$  is high, around local sunset, the production of bubbles is inhibited. The size of the scintillation patches is proportional to the time interval during which  $K_p$  was relatively low.



F-REGION PLASMA BUBBLES OBSERVED BY A ROCKET-BORNE  
LANGMUIR PROBE AND A HIGH FREQUENCY CAPACITANCE PROBE

P. Muralikrishna & M.A. Abdu  
Ministério de Ciências e Tecnologia - MCT  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

Ionospheric E and F region electron density measurements were made using a Langmuir probe and a High Frequency Capacitance probe, mounted on-board a SONDA III rocket launched from Natal, Brazil at 2030 hrs. Local Time on 11th December 1985. The main objective of the experiments was to study structure and dynamics of depleted plasma density regions, generally known as plasma bubbles; observed occasionally in the ionospheric F-region. The rocket, in fact, passed through at least a pair of plasma bubbles, one in the altitude region of around 370 km and the other around 420 km. The plasma bubbles could be dominantly seen in the upleg of the trajectory, but in the downleg part of the trajectory, the bubble amplitudes decreased considerably. In spite of being two completely different techniques, both the LP and HFC measurements clearly showed the presence of bubbles. In one of the bubble structures the electron density decreased by a factor of more than 10, while in the other the decrease was only by a factor of around 4. The vertical scale sizes of the bubbles was about 30 to 40 km. Their observation, though with reduced amplitudes even during the rocket descent, indicates the large (a few hundred km) horizontal scale sizes of these bubbles. The physical characteristics of these bubbles, in the light of the small scale plasma irregularities associated with them are reviewed and discussed here.





MEDIÇÃO DA TEMPERATURA ELETRÔNICA DA IONOSFERA  
UTILIZANDO SONDAS DE LANGMUIR

I.J. Kantor, P. Muralikrishna e M.A. Abdu  
Ministério de Ciências e Tecnologia - MCT  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
São José dos Campos - SP

Um sensor tipo Langmuir montado num foguete Sonda III realizou medidas de curvas de corrente versus voltagem do sensor.

Tais medidas foram realizadas nas regiões E e F da ionosfera, através de lançamento de foguete no dia 11 de dezembro de 1985 na Barreira do Inferno, em Natal. Estes dados permitiram o cálculo da temperatura eletrônica da ionosfera, através de dois processos: pela derivada da curva característica de corrente versus voltagem e pela detecção do potencial espacial. As medidas pelos dois métodos são comparadas entre si e com modelos de temperatura eletrônica existentes atualmente.



ELECTRON DENSITY PROFILES DEDUCED FOR THE SOUTH ATLANTIC GEOMAGNETIC ANOMALY AND THE ANTARCTIC CONTINENT USING VLF TECHNIQUES

Mendes da Costa, A. and Rizzo Piazza, L.

INPE: Instituto de Pesquisas Espaciais, Departamento de Rádio-Astronomia e Física Solar, S. Paulo, SP.

Abstract

Several long distance VLF propagation paths crossing the South Atlantic Geomagnetic Anomaly and the Antarctic Continent and simultaneously received in Atibaia (São Paulo-Brazil) and Curitiba (Paraná-Brazil) were studied comparatively during the proton event of August 4, 1972. The observed phase and amplitude deviations allowed the calculation of some ionospheric parameters as the lowering in the diurnal reflection height of the ionospheric D-region, the conductivity parameter, the conductivity gradient and the electron density profile under disturbed conditions. This is the first time that electron densities profiles are obtained for the South Atlantic Geomagnetic Anomaly and the Antarctic region during polar cap absorption events based on VLF observational techniques.



## RADIO WAVE ABSORTION IN IONOSPHERIC PLASMA DURING SID

Kalvala Ramanuja Rao and Phenix M. Ramirez P.

Fundação Universidade Regional de Blumenau  
Rua Antonio da Veiga, 140  
Cx. P 7-E - 89.001 - BLUMENAU - SC

### Abstract

The solar flare mechanism can be studied by a number of terrestrial and ionospheric effects observed during a flare. Sudden Ionospheric Disturbances, which result from an interaction of solar flare radiation with ionospheric plasma, provide useful information about the mechanism and development of the flare. Using the signal strengths of terrestrial transmitters during the flares, the ionospheric effects of solar flares can be studied easily. On HF waves, flares cause an abrupt decrease, some times a complete fadeout, known as Short Wave Fadeouts (SWF). Some Sudden Ionospheric Disturbances (SID's) are studied using the field strength of HF radiowaves during May-July 1986 near the Geomagnetic Anomaly Region and the ionospheric absorption of these radio waves is calculated during these SID's and compared with normal time values.



THE INFLUENCE OF AN INTERHEMISPHERIC PLASMA FLOW ON THE  
NEUTRAL ATMOSPHERE BEHAVIOR: ION-DRAG EFFECTS

C.J. Zamlutti

Ministério da Ciência e Tecnologia  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
C.P. 515, 12201 São José dos Campos, SP, Brasil

During solstices a plasma pressure difference exists between geomagnetic conjugated points located in the topside ionosphere. This difference is responsible for an interhemispheric plasma flow. Here we investigate the possibility of this interhemispheric plasma flow to drag along neutral particles and to influence the neutral winds.





## PARÂMETRO DE IMPACTO: SOLUÇÃO NÃO-LINEAR

GERMANO AFONSO, LIU KAI,  
SÉRGIO BERLEZE  
CAIXA POSTAL 19081  
B1.504 - CURITIBA - PR

A determinação do maior parâmetro de impacto que leva a uma colisão, entre uma partícula incidente e uma esfera, ambas eletricamente carregadas, é de fundamental importância em diversos campos da física, tal como no cálculo da desaceleração secular de um objeto em movimento no plasma espacial.

Estudando a perturbação no semi-eixo maior do satélite LAGEOS, Afonso et al. (J.Geophys.Res., 90, 9381-9398, 1985), supondo que a distribuição de potencial em torno da esfera obedece à equação de Debye, formularam um modelo analítico aproximado dessa desaceleração.

Neste trabalho, apresentamos um método numérico para o cálculo do parâmetro de impacto que consiste em resolver, simultaneamente, as equações de Poisson e da trajetória, ambas não-lineares. A solução favorecida é mais compatível com o modelo da desaceleração secular. Assim, podemos estimar melhor a densidade e a temperatura do plasma ambiente. Uma das consequências importantes do método apresentado é a obtenção do comprimento de blindagem.



## MILLISECOND RADIO SPIKES AND ASSOCIATED HARD X-RAY BURSTS

H.,S.Sawant, R.H.Trevisan

INPE: Instituto de Pesquisas Espaciais, Departamento de Rádio-  
Astronomia e Física Solar, SP.

B.R.Dennis

Goddard Space Flight Center, Greenbelt. M.D., USA

and

P.Zlobec , M.Messerotti

Osservatorio Astronomica, Via G.B., Tiepolo 11, I34131, Trieste, Italy.

### Abstract

Millisecond metric (408, 327 MHz) spikes having  $T_b > 10^{10}$  K were observed in R and L polarizations in Nov. 1982 at Trieste, Italy. High sensitivity high time resolution hard X-ray data were obtained from SMM satellite for same period. Following are the significant findings of comparison of hard X-ray data with m- $\lambda$  spikes.

(i) In majority of cases it is difficult associate one to one correspondence of meter wave spike and associated hard X-ray bursts.

(ii) However X-ray yield of the meterwave spike activity was found to be more than other associated meterwave transient bursts.

Above observations are discussed in terms of maser as one of the possible emission mechanisms for meter wave spike and "thick target" collisional bremsstrahlung for generation of X-ray.



## CHARACTERISTICS OF A HIGH ENERGY SOLAR BURST

E. Correia

INPE: Instituto de Pesquisas Espaciais, Departamento de Rádio-Astronomia e Física Solar, R.Traipú 423, 01235 - S.Paulo, SP.

### Abstract

A peculiar event was observed on May 21, 1984 at 90 GHz and associated with a simultaneous very hard X-ray emission. It exhibited a turnover frequency above or around 90 GHz and consisted of seven major structures (seconds) built up by fast pulses (tens of milliseconds) with relative amplitude of about 50% and 5% at 90 and 30 GHz, respectively. The 90 GHz burst was extremely well correlated in time (better than 128 ms) with the hard X-ray emission.

The relative amplitude of the fast pulses confirms the earlier results obtained at 7, 10.7, 22 and 44 GHz, that the sub-second pulses appear with increasing relative amplitude at shorter mm-waves. After removing the slow component, the pulses appeared in packets with higher repetition rates for higher flux level, and for the hardest X-ray emission.

It is suggested that each pulse was produced by a different electron beam accelerated by some discontinuous process, and that the high energy conversion rate was associated to an efficient particle acceleration mechanism, capable of increasing the electron energies to relativistic levels during the impulsive phase.

Depending on the spectrum turn over frequency this event was interpreted as synchrotron (Kaufmann et al., 1985; Correia et al., 1986, MacClements and Brown, 1985) or gyrosynchrotron (De Jager et al., 1987) emission.



## CAMPOS MAGNÉTICOS SOLARES: REGIÕES DE FLUXO EMERGENTE

Silvia Helena Becker Livi  
Departamento de Astronomia - Instituto de Física da UFRGS  
90049 - Porto Alegre - RS

Analisamos magnetogramas e filtrogramas  $H\alpha$  obtidos no Observatório Solar de Big Bear (Califórnia, EUA) entre 7 e 13 de junho de 1985. Durante esse período surgiram quatro regiões de fluxo emergente (EFR) na área observada (de 280.000 x 200.000 km) com a mancha principal no canto leste-sul. A primeira EFR emergiu dia 8 de junho ao norte da mancha, em região de campos magnéticos muito reduzidos, com orientação leste oeste e polaridade normal do hemisfério, mas não teve maior desenvolvimento nem originou poros.

EFR são geralmente identificadas em filtrogramas  $H\alpha$ , mas nossa análise baseou-se principalmente nos magnetogramas, onde apresentam maior complexidade que as regiões efêmeras (ER) obtidas em condições semelhantes (magnetogramas profundos do campo longitudinal com ruído da ordem de 5 gauss). As EFR nos estágios iniciais mostraram múltiplos polos e fragmentos separados desde os primeiros indícios nos magnetogramas, sendo as vezes difícil identificar os polos correspondentes emergidos. Também emergem alguns dipolos comparáveis à pequenas ER, que surgem juntos, aumentam um pouco em fluxo e se separam. (Livi et al, 1985)<sup>2</sup>. Posteriormente os fragmentos de polaridade igual se aglutinam e os de polaridade oposta cancelam criando um dipolo único. EFR que surgiram dias 9 e 10 formaram pequenas manchas.

O campo magnético prévio, embora muito fraco, tinha polaridade oposta à dos polos da EFR, o que invalida o modelo de Akasofu (1985)<sup>1</sup> no qual a formação de manchas ocorre por efeitos de aumento e aglutinação dos campos magnéticos anteriormente existentes.

(CNPq e FINEP)

### Referências

1. Planet. Space Sci., Vol. 33, Nº 3, pp 275-277, 1985
2. Aust. J. Phys., 1985, Vol.38, 855-73, 1985





CAMPOS MAGNÉTICOS SOLARES EM PEQUENA ESCALA:  
FRAGMENTOS MAGNÉTICOS EM MOVIMENTO

Rudi Gaelzer e Silvia H. B. Livi  
Departamento de Astronomia - Instituto de Física da UFRGS  
90049 - Porto Alegre - RS - Brasil  
Jingxiu Wang  
Beijing Observatory - Beijing, China  
Sara F. Martin  
Instituto Californiano de Tecnologia-EUA

Fragmentos magnéticos em movimento - "Moving Magnetic Features" (MMF) e sua relação com a mancha solar em torno da qual aparecem foram estudados em magnetogramas do Observatório Solar de Big Bear, California, USA. A área real da mancha obtida através de um ajuste por elipses, não mostrou significativa redução apesar da existência de grande número de MMFs durante o período de observação (de 7 a 13 de junho de 1985). Esse resultado diverge do obtido por Harvey e Harvey (1973) que só observaram MMFs com manchas em decaimento e os interpretaram como consequência da fragmentação da mancha.

Analisamos número, deslocamento e processos de desaparecimento dos MMFs, que ocorrem principalmente por cancelamento com grupos de polaridade oposta pré-existentes. Tentamos verificar através de ajustes computacionais se os alinhamentos em arco observados em alguns casos são esporádicos ou não.

(CNPq e FINEP)

Referência

Harvey, J., Harvey, K.: Solar Phys. 28, 61, 1973



## EFFECTS OF A MAGNETIC FIELD ON THE GRAVITY MODES IN PLASMA ATMOSPHERES

Alejandro G. González, Julio Gratton and Fausto T. Gratton.  
 Lab. de Física del Plasma, Dpto. de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, ARGENTINA.

Gravity waves in plasmas are relevant to solar physics phenomena, magnetospheric instabilities, and other astrophysics problems. Here the effect of a horizontal magnetic field on the modes of a stratified plasma, in a uniform vertical gravitational field, is studied. A set of magnetohydrodynamic (MHD) equations, which is general enough to include ideal MHD, the Chew-Goldberger-Low model, and a model with non isotropic pressure obeying polytropic laws, is reduced to one compact equation for the vertical displacement. This master equation allows for altitude dependence of density, horizontal mass velocity, and magnetic field (including possible changes of direction of the last two magnitudes) in the steady state. Several space physics configurations can be analyzed using this equation. Detailed properties of stable waves, oscillations and unstable modes, of an isothermal atmosphere (with an unidirectional magnetic field and no mass flow) are given for the ideal MHD case. Three internal modes, slow, fast, and intermediate, modified by gravity, are obtained. Two other modes are found, which correspond to the Lamb mode of atmospheres without magnetic field. Their phase velocity is given by  $v_f^4 + (C_A^2 + C_S^2)v_f^2 - C_A^2 C_S^2 \cos^2 \varphi = 0$  where  $C_S$ : sound velocity,  $C_A$ : Alfvén velocity,  $\cos \varphi = \frac{\mathbf{k} \cdot \mathbf{B}}{kB}$  and  $v_f$ : phase velocity of the mode. A diagram  $k^2$  vs.  $v_f^2$  summarizes the properties of the spectrum. The internal slow mode may become unstable. The stability criterion is given by  $\cos^2 \varphi \leq 2(\beta+1)(1-\beta/\beta_c)/\beta$ , where  $\beta$  is the ratio of plasma pressure to magnetic pressure,  $\gamma$ : adiabatic coefficient and  $\beta_c = (\gamma-1)^{-1}$ . In addition properties of surface modes corresponding to an interface plasma-vacuum, including changes in the magnetic field direction through it, are discussed. The phase velocity of stable surface modes is smaller than that of the corresponding internal modes.



## CHERENKOV DAMPING OF SURFACE WAVES

ALTAIR SOUZA DE ASSIS<sup>(a)</sup> and J. BUSNARDO-NETO

Departamento de Eletrônica Quântica

Instituto de Física "Gleb Wataghin"

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

13.100 - Campinas, SP, Brazil

### . ABSTRACT :

The mechanism which converts the kinetic energy of the solar photosphere and convection zone into the thermal energy of the corona has been under investigation for some decades. However, no completely convincing coronal heating theory has yet arisen (e.g., Gordon and Hollweg 1983). Coronal heating by MHD surface waves has been under consideration, for these waves can propagate energy along the magnetic field similarly to the usual MHD Alfvén mode (e.g., Gordon and Hollweg 1983). Hollweg (1982) has pointed out that surface waves can be dissipated by viscosity, heat conduction and radiation, or by Cherenkov damping (Landau damping and transit-time magnetic pumping) in a collisionless plasma. No calculations of Cherenkov damping of surface waves are known up to now. In this paper we calculate the Cherenkov coefficients of MHD surface waves using kinetic theory. It is shown that for surface waves transit-time magnetic pumping is the only collisionless damping mechanism. It is also shown that in some situations MHD surface waves can deposit energy and momentum in the corona via transit-time magnetic pumping as efficiently as kinetic Alfvén waves do via Landau damping.

(a) Permanent address: Instituto de Matemática, Universidade Federal Fluminense, 24.210 - Niterói, RJ, Brazil.



. REFERENCES :

- . Gordon, B.E., and Hollweg, J.V., 1983, Ap.J., 266, 373.
  
- . Hollweg, J.V. 1982, J.Geophys., Rev., 87, 8065.





MULTIPLE-SCALE ANALYSIS ON HEATING BY ALFVÉN SPATIAL  
RESONANCE IN THE SOLAR CORONA CONTEXT

P.H. Sakanaka  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)  
Departamento de Eletrônica Quântica  
13.100 - Campinas, SP - BRAZIL

C A. Azevedo  
Universidade Federal Fluminense (UFF)  
Instituto de Física  
Morro São João Batista s/nº  
24.210 - Niterói, RJ - BRAZIL

ABSTRACT

The Alfvén Spatial Resonance (ASR) was initially proposed by Grossmann and Tataronis [1] and Hasegawa [2] in the magnetic confined plasma. The ASR occurs when we have a finite discontinuity in the magnetic field or density of the plasma. In the solar physics context the first one to consider this problem was Ionson [3] though in his paper, he did not consider the problem in its totality. Later on, Lee [4] and Lee and Roberts [5], made more advances in the study of the problem. But Buti [6] and Hollweg [7] suggested that the non linear effects can inhibit the ASR and suggested a more detailed non linear analysis. However, as we work near the resonant point, it is important to make a time scaling analysis in order to obtain the best solution to the problem.

- [1] - Grossmann, W. and Tataronis, J.; Z. Phys. 261, 203 - 236 (1973);
- [2] - Hasegawa, A. and L. Chen; Phys. Rev. Lett. 32, 454 (1974);
- [3] - Ionson, J.A.; Ap. J , 226, 650 (1978);
- [4] - Lee, M.A.; Ap. J. 240, 693 (1980);
- [5] - Lee M.A. and B. Roberts; Ap. J., 301, 430 (1986);
- [6] - Buti, B.; 1986 in Advances in Space Plasma Physics, ed. B. Buti (Singapore World Scientific) p. 167;
- [7] - Hollweg, J.V.; Ap. J., 312, 880 (1987).



ACCELERATION AND PROPAGATION OF IONS BY COLECTIVE FIELDS  
IN FOCUSED ELECTRIC DISCHARGES-SIMILARITY WITH THE  
PHYSICAL PROCESSES IN SOLAR FLARES.

J. Feugeas, E. Llonch.

INSTITUTO DE FISICA ROSARIO (CONICET - UNR)

Av. Pellegrini 250

2000 - Rosario

ARGENTINA

Electron beams with mean energies of 300 keV and ion beams with energies higher than 1 MeV are generated in small volumes of highly densified plasma during experiments with focused electric discharges conducted in coaxial systems. In this work we show highly space and time resolved (0.1mm - 5ns) images taken in the visible with an image converter camera in 20 kV and 5 kJ electric discharges.

X-ray images of the plasma maximum compressed region (pinch) are also shown. Both results show the existence of current structures before and after the pinch, these structures being accompanied by strong magnetic fields ( $> 100$  M Gauss) with fast time evolution ( $\sim 1$  ns, measured by magnetic probes) in regions smaller than 1 mm. The decay of these fields in times of nanoseconds gives place to electric potential capable of accelerating the electrons and ions in the plasma up to the observed energy values.

The record of the accelerated ions in polycarbonate plates placed at different distances from the zone of the pinch also reveals filament structures, showing that a great percentage of these ions travels trapped in structures created by the associated magnetic fields.

We compare these results with the observation of certain solar flares and their consequences, confirming a similarity in the physical processes involved in both cases.



ONDAS ALFVÉN CINÉTICAS COMO MECANISMO DE REACELERAÇÃO EM  
RÁDIO FONTES EXTENSAS

L.C. Jafelice e R. Opher  
Instituto Astronômico e Geofísico  
Universidade de São Paulo  
Av. Miguel Stéfano, 4.200  
04301 - São Paulo, SP  
Brasil

Analizamos um modelo de rádio fontes extensas (RFE) inhomogêneas (com destaque para jatos extragaláticos e lóbulos rádio), nas quais são excitadas primeiramente ondas Alfvén e ondas Alfvén superficiais (OAS) não-compressivas (e não choques e ondas magnetosônicas). Supomos que a população térmica se existente, é desprezível, ou, mais especificamente, que a densidade de íons no corte ("cut-off") de baixas energias da distribuição de lei de potência é maior que a densidade de íons da população térmica, se é que esta está presente. OAS são criadas devido a instabilidades internas e/ou à interação das RFE com o meio ambiente. Mostra-se que mesmo OAS de amplitude muito pequena (i.e.  $\xi \equiv |B_{OAS}/B_0| \ll 1$ , onde  $B_0$  é o módulo do campo magnético não perturbado) são convertidas para o modo ondas Alfvén cinéticas (OAC) que produzem grandes potenciais aceleradores em movimento,  $\Psi$ , paralelos ao campo magnético  $\vec{B}_0$ . Inicialmente não foram consideradas perturbações não-lineares. Nesse contexto, para parâmetros físicos típicos de RFE, obtém-se  $e\Psi \gtrsim 1$  MeV. Sugerimos que estes potenciais são importantes na aceleração e reaceleração de elétrons em RFE (por exemplo, fornecendo a energia de injeção necessária nas teorias tradicionais de aceleração ciclotrônica). Mostra-se que perdas de energia por radiação sincrotrônica podem ser compensadas pela reaceleração por OAC. Discute-se a relação entre a aceleração por OAC e a aceleração ressonante ciclotrônica por ondas Alfvén tradicionalmente consideradas nos trabalhos neste assunto. (CAPES e CNPq)



ONDAS ALFVÉN CINÉTICAS E SUA RELAÇÃO COM CORRENTES ELÉTRICAS, COLIMAÇÃO  
DE JATOS E INOMOGENEIDADES EM RÁDIO FONTES EXTENSAS

L.C. Jafelice e R. Opher  
Instituto Astronômico e Geofísico  
Universidade de São Paulo  
Av. Miguel Stéfano, 4.200  
04301 - São Paulo, SP  
Brasil

Tratamos a geração de corrente elétrica por ondas Alfvén cinéticas (OAC) para o caso de rádio fontes extensas (RFE), destacando o caso de jatos extragalácticos. Tais correntes elétricas são geradas paralelas ao campo magnético de fundo devido ao amortecimento de Landau pelo qual as OAC aceleram elétrons. Obtém-se que as correntes geradas por OAC são maiores que as correntes necessárias para que um jato extragaláctico seja auto-confinado magneticamente. Tratamos o problema da determinação do processo que pode manter as RFE inomogêneas. Estudamos a estabilidade de um plasma com propriedades médias definidas: 1) pela densidade de corrente local média devido às OAC obtida por nossos cálculos; 2) pela condutividade elétrica local (anômala) média devido às OAC indicada por nossos cálculos e por aqueles de Hasegawa e Mima (1978); e 3) pelo aquecimento por ondas devido a ondas Alfvén superficiais, independente da temperatura do plasma. Conclui-se que tal plasma está sujeito à instabilidade térmica Joule. Sugerimos que tal instabilidade é o processo que mantém as RFE inomogêneas. Tal análise feita através de OAC correlaciona os importantes problemas de RFE envolvendo (re)aceleração, geração de corrente, colimação e manutenção de inomogeneidades. (CAPES e CNPq)





ESTABILIDADE DE UM PLASMA EM EQUILÍBRIO EM UM CAMPO GRAVITACIONAL \*

I. L. Caldas

Instituto de Física, USP, C.P. 20516, 01498-São Paulo, S.P.

Resumo

Neste trabalho é discutida a estabilidade de um plasma (descrito pelo modelo de dois fluidos) em equilíbrio estático. São consideradas as influências da viscosidade, da viscosidade de giro, da resistividade elétrica, da compressibilidade e do efeito Hall. A investigação foi realizada aplicando-se o princípio de energia. É discutida também a estabilidade de plasmas parcialmente ionizados ou em rotação.

\* Trabalho financiado parcialmente pelo CNPq.



## VARIABILITY OF 3C273

L.C.L.Botti and Z.Abraham

INPE: Instituto de Pesquisas Espaciais, Departamento de Rádio-  
Astronomia e Física Solar, S.Paulo, SP.

### Abstract

The quasar 3C273 was observed during a period of seven years at Itapetinga Radio Observatory with receptors operating at 22 GHz and 44 GHz. This object showed intense activity and a periodicity of about one year. The temporal and spectral variability is presented. The study of variability is important to the comprehension of emission mechanisms that occur in the nucleus. Milliarcsecond-scale VLBI maps of 3C273 reveal the presence of a compact "core" from which emerge a succession of knots which separate from the core at superluminal speeds. The production and evolution of superluminal knots can be explained by a model that considers the outburst as a shock wave passing through an adiabatic, conical and relativistic jet.



## INSTABILIDADES TÉRMICAS EM RÁDIO FONTES EXTRAGALÁCTICAS EXTENSAS

Elisabete M. de Gouveia Dal Pino e P. Opher

Instituto Astronômico e Geofísico - USP - Caixa Postal 30627 - S. Paulo

Pode a estrutura filamentar recentemente observada nas Rádio Fontes Extragalácticas Extensas (RFEE) ser atribuída à formação de instabilidades térmicas (IT) no plasma magnetizado que as compõe? Este é o objeto da investigação no presente trabalho. Empregando pressões, taxas de expansão e luminosidades observadas, efetuamos análises lineares e não-lineares da evolução da IT em RFEE onde a radiação sincrotrônica dos elétrons relativísticos é o mecanismo de resfriamento predominante no plasma. Demonstramos que o máximo valor de  $q = v_A^2/v_s^2$ , sob condições isobáricas, para IT é  $q_0 = [-2v_e + (3/4\tau_c)(2\eta - 1)] / [(2v_e/3) + (2/\tau_c)]$ , onde  $v_A$  ( $v_s$ ) é a velocidade Alfvén (do som),  $v_e$  é a taxa de expansão lateral da RFEE,  $\tau_c$  é o tempo de resfriamento dos elétrons relativísticos devido às perdas por emissão sincrotrônica e por Compton Inverso e  $\eta = [1 + (8 u_{rad}/B^2)]^{-1}$ , sendo  $u_{rad}$  a densidade de energia do campo de radiação de fundo e B o campo magnético. Cálculos não-lineares com perturbações iniciais de densidade  $[f_p(0) - f_0(0)]/f_0(0) = 0.05, 0.1$  e  $0.2$  foram efetuadas e verificamos que o máximo contraste de densidade  $f_p(t)/f_0(t)$  é aproximadamente independente da perturbação inicial de densidade, sendo  $f_p(t)$  ( $f_0(t)$ ) a densidade perturbada (do meio circundante) no instante t. Verificamos também que o máximo contraste de densidade não linear é aproximadamente independente das perdas por Compton Inverso, em oposição aos resultados no regime linear onde tais perdas suprimem a IT. Para o jato da rádio-fonte CenA, utilizando valores estimados de  $v_e$  e  $\tau_c$  na região do nó A1, obtivemos que a IT cria um contraste  $f_p(t)/f_0(t) \sim 10$  em uma distância comparável à separação entre os nós A1 e B, suficiente para explicar os filamentos observados. Aplicando o modelo à região onde o jato penetra no rádio-lobo de CygA, obtivemos um contraste  $f_p(t)/f_0(t) \sim 8$  dentro do tempo de vida estimado para essa fonte, novamente suficiente para explicar a estrutura filamentar observada.



FORMAÇÃO DE CONDENSAÇÕES EM NUVENS MOLECULARES  
A PARTIR DA INSTABILIDADE TÉRMICA

Adriana B.M. Válio e R. Opher  
Instituto Astronômico e Geofísico, USP  
Caixa Postal 30627 - 010 51 - São Paulo, SP

Neste trabalho examinamos a possibilidade de que as condensações observadas recentemente em nuvens moleculares, as quais não são gravitacionalmente ligadas, são formadas a partir de instabilidade térmica.

Usamos um sistema completo de equações MHD e, em particular, analisamos os efeitos do campo gravitacional e do campo magnético sobre a instabilidade térmica.

A função de esfriamento utilizada é bem geral, do tipo  $\Lambda \propto \rho^{\alpha} T^{\beta}$ . Os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  são discutidas levando-se em conta a física do esfriamento por moléculas, átomos e grãos.





## COLAPSO DE OBJETOS DE POPULAÇÃO III

J.C.N. Araujo e R. Opher  
 Instituto Astronômico e Geofísico, USP  
 Caixa Postal 30627 - 01051 - São Paulo, SP

Partindo da época da recombinação, nós investigamos o esfriamento e colapso de objetos de população III para massas  $M \sim M_J$  e  $M \ll M_J$ , onde  $M_J$  é a massa de Jeans no começo da época da recombinação. Nós levamos em conta não somente a pressão interna da nuvem, mas também o "photon cooling", "photon drag", fotoionização pela radiação de fundo, ionização colisional, e um conjunto completo de equações para a formação e destruição de moléculas de hidrogênio. Para  $M \sim M_J$ , nós assumimos um espectro de flutuações de densidade isotérmica sugerido por Gott & Rees (1975):  $\delta_\rho/\rho = (M/M_\odot)^{-1/3}/(1+z_{rec})$ , onde  $z_{rec}$  é o "redshift" da recombinação e  $M_\odot$  define a escala de massa, o qual nós tomamos como um aglomerado galáctico =  $10^{15} M_\odot$ . Assumindo  $\Omega h^2 = 0.1$ , nossa solução numérica mostra: 1) o primeiro sistema ligado ocorre para  $\sim 10^4 M_\odot$ ; 2) os colapsos das nuvens não são significativamente atrasados pelas pressões internas das nuvens (desde que no "turn-around", as temperaturas das nuvens são próximas à temperatura ambiente); depois do "turn around", quando o raio da nuvem cai para metade do seu valor no "turn-around"; 3) a temperatura não cresce adiabaticamente (e.g.  $T/T_{ad} = 0.73$  para  $M = 10^6 M_\odot$ ); 4) a concentração de moléculas de hidrogênio permanece baixa (e.g.  $n_{H_2}/n = 3.0 \times 10^{-12}$  para  $M = 10^6 M_\odot$ ); e 5) a ionização fracional não se torna pequena (e.g.  $n_e/n = 2.4 \times 10^{-5}$  para  $M = 10^6 M_\odot$ ). Nós calculamos numericamente o decréscimo das flutuações de densidade isotérmica de massas  $M \ll M_J$  durante a época da recombinação devido a não eliminação súbita do acoplamento dinâmico com a radiação e a perda gradual de contato térmico com esta. Nós obtivemos, em geral que  $\delta_f/\delta_i$  não é desprezível, onde  $(1+\delta)\bar{\rho}$  é a densidade central da flutuação,  $\bar{\rho}$  é a densidade ambiente, e  $\delta_i$  ( $\delta_f$ ) é o valor inicial (final) de  $\delta$  na época da recombinação. Nós obtivemos para  $M/M_J = 0.001$ ,  $\Omega h^2 = 1.0$  e  $\delta_i = 0.01 - 1.0$ , por exemplo,  $\delta_f/\delta_i \cong 40 - 50\%$ .



# EFEITO DA DIVERGÊNCIA DO CAMPO MAGNÉTICO NA PERDA DE MASSA EM ESTRELAS GIGANTES "LATE-TYPE"

R. Opher e V.J.S. Pereira  
Instituto Astronômico e Geofísico, USP  
Caixa Postal 30627 - 01051 - São Paulo, SP

Examinamos o efeito da abertura do campo magnético na taxa de perda de massa, e na velocidade terminal,  $u_\infty$ , de estrelas gigantes "late-type". Nosso modelo de referência é a "típica" estrela supergigante K5 estudada por Hartmann e MacGregor (1980) e Holzer, Fla e Leer (1983). Utilizamos um fluxo de ondas Alfvén como mecanismo de aceleração do vento com amortecimento não-linear ( $L_1$ ) e absorção ressonante ( $L_2$ ). A dependência explícita dos comprimentos de amortecimento  $L_1$  e  $L_2$  com os parâmetros físicos em função da distância radial,  $r$ , são considerados. Estudamos a divergência da geometria do campo magnético com a distância da estrela dada pela forma analítica:  $A(r) = A(r_0) \left(\frac{r}{r_0}\right)^S$ , onde  $A(r)$  é a área seccional da geometria na distância radial  $r$ .

Nossos resultados mostram que, em geral,  $u_\infty/v_{e0}$  (onde  $v_{e0}$  é a velocidade de escape na superfície da estrela) decresce com o crescimento de  $S$ , e para um dado  $L(r_0)$ , existe um limite superior de  $S$ ,  $S_{\max}$ , quando cessa a perda de massa. Por exemplo, para  $L_1(r_0) = 0.1 r_0$  e  $L_2(r_0) = 0.2 r_0$  encontramos  $S_{\max} \cong 5$ . Examinamos a dependência da perda de massa média  $\dot{M}$  ( $> 10^{-7} M_\odot/\text{ano}$ ), para  $u_\infty/v_{e0} = 1/2$ , em relação aos valores na superfície da estrela, com: 1) densidade; 2)  $L(r_0)$ ; 3) fluxo de ondas Alfvén; 4) campo magnético; e 5) expansão não-radial. Aumentando esses valores, separadamente, por 10% acima dos valores do modelo de referência, por exemplo, encontramos uma variação em  $\dot{M}$  de: 1) + 9%; 2) + 9%; 3) + 1%; 4) - 1%; e 5) - 9%, respectivamente.



## FORMAÇÃO AUTOREGULATÓRIA DE ESTRELAS EM NUVENS MOLECULARES

Adriana B.M. Válio e R. Opher  
Instituto Astronômico e Geofísico, USP  
Caixa Postal 30627 - 01051 - São Paulo, SP

José Franco  
Instituto de Astronomia, UNAM  
Apdo. Postal 70264 - 04510 - México, D.F.

A formação de estrelas em nuvens moleculares pode ser um processo autoregulatório (e.g. Franco 1983, 1984).

Os ventos supersônicos de estrelas jovens varrem a matéria da nuvem molecular onde se encontram. Esta matéria é acumulada em cascas esféricas ao redor da estrela, formando as chamadas bolhas. Das colisões entre estas bolhas podem resultar "clumps" (ver Norman e Silk 1980), que poderão evoluir para protoestrelas, fechando o ciclo.

A turbulência tem um efeito regulador sobre a formação das novas estrelas.

Entramos em detalhes num modelo autoconsistente levando em conta a evolução das bolhas, a turbulência da nuvem, os choques supersônicos entre as bolhas e o movimento das estrelas dentro da nuvem, entre outros.



## O ESPECTRO CICLOTRÔNICO DE VV PUPPIS

João Batista Garcia Canalle

Reuven Opher

Instituto Astronômico e Geofísico, USP  
C. Postal 30627 - 01051 - São Paulo - SP

Nós examinamos se alta temperatura ( $\gtrsim 10 \text{ keV}/k_B$ ) na região de emissão é necessária para explicar a largura e altura das linhas ciclotrônicas do espectro de VV Puppis. Analisamos o espectro ciclotrônico, usando um modelo que leva em consideração a variação do campo magnético com a altura da coluna de acreção. O modelo também inclui variações na densidade do plasma, temperatura do plasma e diâmetro da coluna de acreção. Usando uma coluna de acreção emissora de altura  $0,04 R_{wd}$ , de acordo com as observações (onde  $R_{wd}$  é o raio da anã branca), descobrimos bons ajustes com a largura e altura das linhas ciclotrônicas observadas, usando campo magnético ( $B$ ) de  $2,7 \leq B \leq 3,08 \times 10^7 \text{ G}$  e temperaturas  $0,2 \leq T \leq 2,5 \text{ keV}/k_B$ . A espessura da região de emissão é  $s \sim 5,0 \times 10^7 \text{ cm}$ . Estes valores de  $T$  e  $s$  são apreciavelmente diferentes dos altos  $T$  ( $\gtrsim 10 \text{ keV}/k_B$ ) e pequenos dos modelos de alta temperatura, os quais foram anteriormente, usados para explicar as linhas ciclotrônicas observadas de VV Puppis.





## CÁLCULOS DE SEÇÃO DE CHOQUE PARA FOTOIONIZAÇÃO E DE POLARIZABILIDADE DINÂMICA PARA ESPÉCIES DE INTERESSE ASTROFÍSICO.

Eduardo Hollauer, Suely Meth e Marco Antonio Chaer Nascimento  
Instituto de Química, Departamento de Físico-Química  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Cidade Universitária, CT Bloco A, Rio de Janeiro, RJ 21910

Grande parte do conhecimento adquirido sobre a atmosfera do sol e de outras estrelas vem da análise da radiação emitida por esses corpos. Muitas das espécies presentes nessas atmosferas - e portanto também responsáveis pelas características da radiação emitida - são extremamente reativas ou instáveis. Por essa razão a verificação experimental da participação dessas espécies em processos que ocorrem naquelas atmosferas fica bastante dificultada. Assim, por exemplo, o íon  $H^-$  foi apontado por WILDY como o responsável pela opacidade do sol e outras estrelas. Aquela espécie seria formada por recombinação de elétrons de baixa energia com hidrogênio e parte da radiação emitida pela superfície do sol seria usada na fotoneutralização dessa espécie, dando origem a opacidade observada. Muitas das hipóteses e teorias são de difícil comprovação pela falta de dados confiáveis de grandezas como seção de choque para fotoionização, captura eletrônica e polarizabilidade dinâmica. Consideradas as dificuldades experimentais, seria de extrema valia poder contar com modelos teóricos confiáveis para o cálculo dessas grandezas. Pretendemos neste trabalho apresentar um tal modelo e exemplificar sua utilização no cálculo daquelas grandezas para espécies de interesse astrofísico tais como  $H^-$ , He ( $1S$ ), He ( $2\ 1S$ ), He( $2\ 3S$ ),  $Li^+$ , CO, etc. Nosso método apresenta a vantagem de não necessitar de funções do contínuo que representam a maior dificuldade para o cálculo teórico daquelas grandezas. Os estados do contínuo são representados por funções discretas, quadraticamente integráveis, idênticas às aquelas normalmente utilizadas no cálculo de estados ligados. A escolha da base discreta é feita de forma a respeitar as regras de soma para a distribuição de forças de oscilador.



ESTUDO EXPERIMENTAL DA EXCITAÇÃO DE GASES ATMOSFÉRICOS  
ATRAVÉS DO IMPACTO DE ELÉTRONS

Gerardo G.B. de Souza, \*Heloisa M. Boechat Roberty, A. C. de A. e Souza  
Carlos E. Bielschowsky e C.A. Lucas  
Instituto de Química  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

\* Observatório de Valongo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Desenvolvemos em nosso laboratório um estudo sistemático de processos de excitação em gases atmosféricos através da colisão com feixes de elétrons de energia intermediária (0.1 - 10,0 keV).

Os objetivos fundamentais deste estudo consistem na determinação das energias de excitação e seções de choque (forças do oscilador generalizadas) para transições eletrônicas ocorrendo na faixa de excitação de 5 a 100 eV. As medidas são feitas com o uso de um espectrômetro projetado e construído em nosso laboratório e que é baseado no emprêgo da técnica de feixes cruzados.

Este aparelho permite a determinação de espectro de perda de energia na faixa angular de 0 a 60°, com uma resolução em energia variável entre 0,4 a 3,0 eV.

Como ilustração dos resultados obtidos em nosso laboratório, serão apresentados neste trabalho seções de choque diferenciais duplas para a colisão de elétrons de 1 keV com Argônio ( $^1\text{So}$ ), Nitrogênio ( $X^1\Sigma_g^+$ ) e Dióxido de Carbono ( $X^1\Sigma_g^+$ ). As seções de choque foram medidas na faixa angular de 1.5 a 15°, e abrangem uma faixa de energia de excitação de 0 a 50 eV. Dentre os processos observados nesta faixa de energia, podemos mencionar a excitação discreta e ionização de elétrons de valência e autoionizações. Como exemplo, serão apresentados resultados para a Força do Oscilador Generalizada (FOG) para a transição  $3p^6 \rightarrow 3p^5 (4s, 4s')$  no átomo de Argônio e para a transição de Lyman-Birge-Hopfield (LBH) na molécula de  $\text{N}_2$ . Os valores experimentais serão comparados com resultados teóricos obtidos em nosso laboratório, com o emprêgo das aproximações de Born e de Glauber.

Os autores agradecem a FINEP, FUJB e CNPq pelo apoio financeiro.