

Programa de Doutoramento– 2020 Proposta de Tema de Dissertação

Título: Espectroscopia de alta precisão e modelação em plasmas de interesse astrofísico

Objectivo

Investigação envolvendo iões altamente carregados (HCI, do inglês “Highly Charged Ions”) tem alcançado progressos notáveis em variados campos fundamentais e tecnológicos, como astrofísica, física de plasmas, microeletrónica e nanotecnologia (implantação de iões e microssondas iónicas).

De entre as várias aplicações de HCI, salientamos a espectroscopia de alta resolução que permitiu a determinação de energias com resolução sem precedentes (ordem de ppm) e a determinação experimental de parâmetros atómicos essenciais para a modelação de plasmas de interesse em astrofísica e em Tokamaks.

No caso de espectroscopia de alta-resolução pretende-se como objectivo deste projeto continuar a alargar as medições efectuadas anteriormente [1,2] para outros elementos e com melhor precisão, ao considerar, ou melhoramentos em termos de instrumentação no espectrómetro de raios-X guiado por laser [2] usado anteriormente, ou implementar uma versão mais compacta do respectivo espectrómetro.

Por outro lado, plasmas estelares são maioritariamente constituídos por HCI e a análise de plasmas criados em laboratório que simulam as mesmas condições, permite validar as previsões de modelos teóricos relativos a quantidades de interesse, como temperatura, estados de carga, etc. Entre os variados processos físicos determinantes para modelação dessas condições do plasma, destaca-se a recombinação dielectrónica que tem sido alvo de destaque como uma das principais ferramentas para determinação da temperatura electrónica em plasmas estelares [3]. Acresce também que processos de ordem superior como recombinação trielectrónica, não considerados em modelos de plasmas, têm sido demonstrados como tendo um papel relevante da dinâmica do plasma [4, 5]. Como objectivo deste projecto, para além de colaborar nas medições e análise dos respectivos dados experimentais, pretende-se a elaboração de um modelo das condições do plasma (similar a [5]) de modo a investigar em detalhe o impacto dos processos de recombinação referidos.

Os trabalhos experimentais serão realizados no instituto Max-Planck of Nuclear Physics em Heidelberg, Alemanha, onde se encontram fontes de plasmas de HCI, neste caso concreto fontes EBIT (“Electron beam ion trap”) necessários à realização deste projeto.

Enquadramento

Este projecto é em parte suportado pelo projecto “UID/FIS/04559/2013” (LIBPhys), e pelo Max-Planck institute for Nuclear Physics.

Actividades previstas

1. Participação nas experiências com EBITs
2. Colaboração na análise dos dados experimentais obtidos nas experiências
3. Trabalho de instrumentação no espectrómetro de alta resolução guiado a laser.
4. Implementação de um modelo de um plasma tendo em conta os todos processos atómicos.
5. Escrita e publicação de artigos científicos.
6. Redação da dissertação

Local de realização

- Departamento de Física, UNL
- Departamento de Física, UL
- Instituto Max-Planck de Física Nuclear

Proponentes

- Pedro Amaro (pdamaro@fct.unl.pt)
- José Crespo López-Urrutia, (crespojr@mpi-hd.mpg.de)
- José Marques, UL (jmmarques@fc.ul.pt)

Referências

- [1] Absolute measurement of the “relativistic M1” transition energy in heliumlike argon, **P. Amaro, et al.** Phys. Rev. Lett. 109, 043005 (2012).
- [2] High-precision laser-assisted absolute determination of x-ray diffraction angles, **K. KubiCek, et al.** Rev. Sci. Instrum. 83, 013102 (2012).
- [3] L-shell dielectronic satellite transitions of Fe xvii, **P. Beiersdorfer, et al.** The Astrophysical Journal 793, 99 (2014).
- [4] Prominent Higher-Order Contributions to Electronic Recombination, **C. Beilmann, et al.** Phys. Rev. Lett. 107, 143201 (2011).
- [5] Strong higher-order resonant contributions to x-ray line polarization in hot plasmas, **C. Shah.** Phys. Rev. E 93, 061201 (2016).

Doctoral Program – 2020 Thesis Project

Title: High-resolution spectrometry and modeling of stellar plasmas

Objectives

Research with Highly Charged Ions (HCI) has accomplished notorious progresses in several fundamental and technological fields, ranging from astrophysics, plasma physics, as well as in microelectronics and nanotechnology (ion implementation and ion microprobes).

Among these applications of HCI, we highlight high-resolution spectrometry that measured energy levels with unprecedented accuracy (few ppm), as well as the experimental determination of atomic parameters, essential for theoretical modeling stellar and Tokamak plasmas.

In case high-resolution spectrometry, the aim of this project is to extend the previous measurements to other elements and with higher resolution, either by improving the previous x-ray spectrometer guided by laser [2], or by implementing a more compact version of the respective spectrometer.

On the other hand, stellar plasmas are primarily made of HCI and the analysis of laboratory plasmas, that simulate the same conditions, validates predictions of theoretical models for quantities of interest, namely temperature, charge state distributions, etc. Among the various physical processes mandatory for plasma modeling, dielectronic recombination has been given attention lately has a major diagnostic tool of electronic temperature in stellar plasmas [3]. Moreover, high-order processes like trielectronic recombination, hitherto unrecognized in plasma modeling, has been shown to have a relevant role in plasma dynamics [4,5]. The aim of this project is to, besides collaborate in the measurements and respective analysis, to elaborate a model of the plasma conditions (similar to [5]), in order to investigate the impact of the recombination processes, mentioned above.

Experimental research will be performed at the Max-Planck Institute for Nuclear Physics in Heidelberg, Germany, where sources of plasma HCI, namely electron beam ion traps (EBITS) are available, which are necessary for the workflow of this project.

Framework

This work is supported in part by the FCT project “UID/FIS/04559/2013” (LIBPhys), and by the Max-Planck institute for Nuclear Physics.

Tasks

1. Participation in the EBIT experiment runs.
2. Collaboration of the analysis of the experiment data.
3. Instrumentation work on the high-resolution spectrometer guided by laser.
4. Implementation of a plasma model with all atomic processes.
5. Writing and publication of scientific articles.
6. Dissertation writing.

Venue

- Department of Physics, UNL
- Department of Physics UL
- Max-Planck Institute for Nuclear Physics

Proponents

- Pedro Amaro (pdamaro@fct.unl.pt)
- José Crespo López-Urrutia, (crespojr@mpi-hd.mpg.de)
- José Marques, UL (jimmarques@fc.ul.pt)

References

- [1] Absolute measurement of the “relativistic M1” transition energy in heliumlike argon, **P. Amaro**, et al. Phys. Rev. Lett. 109, 043005 (2012).
- [2] High-precision laser-assisted absolute determination of x-ray diffraction angles, **K. KubiCek**, et al. Rev. Sci. Instrum. 83, 013102 (2012).
- [3] L-shell dielectroinc satellite transitions of Fe xvii, **P. Beiersdorfer**, et al. The Astrophysical Journal 793, 99 (2014).
- [4] Prominent Higher-Order Contributions to Electronic Recombination, **C. Beilmann**, et al, Phys. Rev. Lett. 107, 143201 (2011).
- [5] Strong higher-order resonant contributions to x-ray line polarization in hot plasmas, **C. Shah**. Phys. Rev. E 93, 061201 (2016).