

Projet personnel du Bloc 1 de Master en Sciences Physiques

Année Académique 2022-2023

Service de Physique Atomique et Astrophysique

Paramètres de fluorescence de la couche K pour certains ions cosmiquement abondants dans le contexte des futurs satellites d'astronomie X

Travail supervisé par Pascal Quinet

[Pascal.Quinet@umons.ac.be]

Les prochaines années verront l'astronomie des rayons X se développer considérablement avec les nouveaux satellites XRISM et ATHENA dont les lancements sont respectivement prévus en 2023 et 2035. Les instruments à bord de ces satellites permettront d'enregistrer des spectres dont la résolution et le rapport signal sur bruit atteindront des valeurs jamais observées dans le domaine du rayonnement X d'origine astrophysique. Il sera alors possible d'analyser les signaux électromagnétiques émis par les disques d'accrétion autour des trous noirs avec une grande précision, permettant dès lors de déduire des informations essentielles sur de tels objets astrophysiques. Dans ce contexte, les raies de fluorescence K provenant des disques d'accrétion constituent des sondes naturelles des trous noirs en ce qui concerne leurs effets gravitationnels, leurs effets relativistes et leur spin. De telles raies K proviennent de transitions de désexcitation d'un ion dans lesquelles un électron valenciel vient combler une vacance dans la couche K ($n = 1$) créée par photoabsorption ou photoionisation. Cependant, la désexcitation par émission radiative de l'état ayant un trou dans la couche K n'est pas la seule voie de désexcitation spontanée possible de l'ion excité. En effet, le processus Auger (processus non radiatif) entre en compétition avec la transition radiative pour désexciter l'ion. Dans ce processus, un électron d'une couche supérieure est spontanément éjecté par l'ion (autoionisation) pour rendre ce dernier plus stable. Le rendement de fluorescence, calculé à partir des probabilités de transitions radiatives et des taux Auger, rend compte de la compétition entre ces derniers processus radiatifs et non radiatifs. Ce paramètre permet dès lors de prédire l'observabilité de raies de fluorescence K sur les spectres enregistrés en fonction de l'ion émetteur. Le but du travail sera de déterminer les rendements de fluorescence de certains ions cosmiquement abondants à partir de nouveaux taux radiatifs et non radiatifs calculés grâce à une méthode Hartree-Fock de modélisation de processus atomiques.

Projet personnel du Bloc 1 de Master en Sciences Physiques

Année Académique 2022-2023

Service de Physique Atomique et Astrophysique

Influence des fonctions de partition sur les calculs d'opacités d'expansion dans les kilonovae

Travail supervisé par Pascal Quinet et Helena Carvajal Gallego

[Pascal.Quinet@umons.ac.be ; Helena.CarvajalGallego@umons.ac.be]

Le 17 août 2017, les interféromètres géants LIGO et VIRGO ont détecté un train d'ondes gravitationnelles produit par la fusion (coalescence) d'étoiles à neutrons [1]. Quelques heures après cette détection, plusieurs observatoires internationaux ont localisé la galaxie dans laquelle ce phénomène a eu lieu et ont enregistré le signal électromagnétique correspondant. Lors d'une telle coalescence, de la matière très chaude et radioactive se disperse et est le siège de réactions nucléaires aboutissant à la formation de noyaux atomiques plus lourds que le fer, comme les lanthanides ($Z = 57 - 71$) notamment. Ce phénomène, appelé kilonova, permet donc d'étudier la genèse de ces éléments lourds ainsi que leurs intéressantes propriétés, en particulier leur opacité élevée due à la multitude de transitions radiatives provenant de leur structure atomique complexe caractérisée par des configurations générant de très nombreux niveaux d'énergie. Cette opacité affectant les spectres de kilonovae est un paramètre crucial pour la détermination de la courbe de lumière, c'est-à-dire l'évolution de la luminosité en fonction du temps. La grande majorité des calculs d'opacités publiés à ce jour ne tient compte des fonctions de partition caractérisant les différents ions présents dans les kilonovae que de manière approximative (voir p.ex. [2-3]). Le but du travail sera d'évaluer l'influence de cette approximation sur la détermination des opacités pour certains ions spécifiques en considérant des nouvelles fonctions de partition plus complètes (et donc plus précises) dans les calculs. Pour ce faire, une méthode de modélisation des structures atomiques sera mise en œuvre.

[1] Abbott B.P. *et al.*, Phys. Rev. Lett. **119**, 161101 (2017)

[2] Gaigalas G. *et al.*, Astrophys. J. **240**, 29 (2019)

[3] Tanaka M. *et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **496**, 1369 (2020)