

Dynamique électronique non linéaire dans les nanostructures métalliques

Ce cours propose une introduction à la dynamique des électrons dans les objets métalliques de taille nanométrique. Après un bref rappel des principales propriétés physiques des nanoparticules métalliques et leurs applications, nous illustrons les caractéristiques de la réponse linéaire des électrons dans le cadre de la théorie de Mie. Les principales échelles de temps, d'espace et d'énergie sont dérivées et discutées. Nous nous attacherons ensuite à la réponse électronique non linéaire, qui est pertinente lorsque le gaz d'électrons est fortement excité, par exemple par une impulsion laser. Nous présenterons un aperçu des principaux modèles dépendants du temps utilisés pour décrire la dynamique des électrons, avec une attention particulière pour les théories de champ moyen (équations de Hartree et approche de Wigner basée sur l'espace de phase). Les méthodes au-delà du champ moyen, comme la théorie de la fonctionnelle de la densité, sont brièvement mentionnées et discutées. A titre d'exemple, nous analyserons le cas de la dynamique électronique dans un film mince de sodium excité par une impulsion laser ultracourte. Pour terminer, nous aborderons l'impact des effets relativistes et du spin sur la dynamique des électrons.

Nonlinear electron dynamics in metallic nanostructures

This course offers an introductory survey of the electron dynamics in metallic objects of nanometric size. After briefly recalling the main physical properties of metallic nanoparticles and their applications, we describe the features of the linear electron response in the framework of the Mie theory. The principal time, space, and energy scales are derived and discussed. We then turn to the nonlinear electron response, which is relevant whenever the electron population is strongly excited, e.g. by a laser pulse. We present an overview of the principal time-dependent models utilized to describe the electron dynamics, with particular emphasis on mean-field theories (Hartree equations and Wigner's phase-space approach). Beyond-mean-field methods, such as the density functional theory, are briefly mentioned and discussed. As an illustrative example, we analyze the case of the electron dynamics in a thin sodium film excited with an ultrashort laser pulse. Finally, we briefly deal with the impact of relativistic and spin effects on the electron dynamics.