

Science with X-ray Free-Electron Lasers

Massimo Altarelli

*Max Planck Institute for Structure and Dynamics of Matter
Hamburg, Germany*

The discovery of X-rays by Roentgen in 1895 is often taken as the starting point of modern physics, as X-rays, besides causing a revolution in medicine, allowed the first experimental determination of the atomic structure of matter, i.e. of the spatial arrangement of atoms in molecules and solids, by diffraction experiments. The resulting new scientific areas of structural chemistry, crystallography, solid state physics, structural biology demanded the development of more and more brilliant X-ray sources. Since the 1960's it became apparent that electron accelerators are the most brilliant X-ray sources on earth, leading to the enormous development of synchrotron radiation sources, based on circular accelerators and storage rings. In recent years, a further giant step was taken by sources based on linear accelerators, the Free-Electron Lasers, producing X-ray pulses with peak brilliance exceeding that of synchrotron beams by up to 9 orders of magnitude, with ultra-short duration, in the region of ~ 10 fs (10^{-14} s), and with a high (laser-like) degree of transverse coherence. The latest addition to the handful of existing X-ray Free-Electron Lasers (XFEL's), the European XFEL, resulting from the collaboration of 12 countries including Italy, and now operating in Hamburg, will be described.

Examples of applications of the new sources to time-resolved studies in the sub-ps range ("molecular movies") of chemical reactions, biochemical processes such as photosynthesis, and technologically relevant solid-state processes such as the fundamental time limits of erasing and writing magnetic memory elements, are briefly discussed, together with possible future developments.

Massimo Altarelli (Roma 1948) si é laureato in Fisica all'Università di Roma. Si é dedicato alla ricerca nella teoria dei solidi e della materia condensata, dapprima negli USA, all'Università di Rochester e all'Università dell'Illinois, poi in Europa, dal 1980, all'Istituto Max-Planck di Ricerca sui Solidi a Stuttgart (Germania). Nel 1987 fu nominato Direttore di Ricerca per la fisica e scienza dei materiali presso la Sorgente Europea di Radiazione di Sincrotrone (ESRF) a Grenoble (Francia) e dal 1994 al 1998 é stato a capo del gruppo teorico dell'ESRF. Dal 1999 al 2005 é stato Direttore del laboratorio Elettra e membro dello staff scientifico dell'ICTP (International Centre for Theoretical Physics) a Trieste. Nel 2005 é stato nominato direttore del grande progetto europeo del Laser a Elettroni Liberi per la produzione di raggi X (European XFEL), presso Amburgo in Germania, la cui costruzione é terminata con successo nel 2016, e che attualmente é in funzione. Dall'inizio del 2017 é in pensione, ed ha un incarico di ricerca a tempo parziale presso l'Istituto Max-Planck per la Struttura e Dinamica della Materia ad Amburgo.