

Quella dei quattro elementi rappresenta bene l'ampiezza degli studi scientifici resi possibili da FERMI, il laser a elettroni liberi di Trieste in grado di osservare le reazioni chimiche in tempo reale.

Riccardo Cucini

Aria, acqua, terra e fuoco

Fin da metà degli anni '90, gli scienziati hanno spinto la conoscenza verso l'infinitamente piccolo, attraverso l'impiego dei raggi X prodotti da particolari macchine di luce, dette sincrotroni. Parallelamente, a partire da metà degli anni '60, anche l'infinitamente veloce ha attratto l'attenzione dei ricercatori, grazie all'avvento del laser. A metà degli anni duemila si è riusciti a unire l'infinitamente piccolo all'infinitamente veloce. Questo è stato possibile attraverso la realizzazione di una nuova macchina di luce, capace di produrre raggi X (come nei sincrotroni) ma sotto forma di impulsi ultraveloci (come nel laser). Tali macchine, dette laser a elettroni liberi o FEL (Free Electron Laser), rappresentano oggi la nuova frontiera nello studio dei materiali. Come si trasmette l'energia da un atomo all'altro? Che cosa succede durante una reazione chimica, nel momento esatto in cui si rompe un legame? Come osservare in tempo reale le fasi con cui la molecola di un farmaco aggancia il suo recettore proteico? Domande come queste possono ora avere una risposta. A Trieste è attualmente a disposizione dei ricercatori uno dei quattro FEL in funzione al mondo, chiamato FERMI, capace di produrre impulsi 100 miliardi di miliardi di volte più intensi del sole e della durata di poche decine di femtosecondi, un tempo che sta ad un secondo come un secondo sta a 32 milioni di anni! Rispetto agli altri FEL, Fermi utilizza una nuova tecnologia, detta seeding, che gli consente di avere una purezza e una stabilità della luce nettamente superiori. È possibile così controllare con estrema precisione le caratteristiche di ogni singolo impulso, adattandolo alle esigenze sperimentali, con una versatilità tale da essere utilizzabile nei più svariati ambiti scientifici. Ma come si riesce a produrre una luce così? Un pacchetto di elettroni viene accelerato a velocità prossime a quelle della luce e fatto quindi curvare ripetutamente all'interno di una serie di magneti. Come un camion che, curvando bruscamente, perde parte del suo carico, gli elettroni, curva dopo curva, perdono parte della loro energia sotto forma di

Air, water, earth and fire
The four elements are an excellent analogy for the breadth of the scientific studies made possible by FERMI, Trieste's free electron laser, which can observe chemical reactions in real time.

Since the mid-1960s, scientists have pursued knowledge of the infinitesimally small thanks to the use of X-rays produced by light sources known as synchrotrons. By the same token, starting in the mid-1960s, scientists turned their attention to the infinitesimally fast, thanks to the use of lasers. Around the middle of the first decade of the 21st century, it finally became possible to combine the two thanks to a new light source that could produce X-rays (like synchrotrons), but in the form of ultra-fast impulses (like lasers). These machines, known as free electron lasers (FEL), are now the new frontier in the study of materials. How is energy transmitted from one atom to the next? What happens during a chemical reaction, in the exact moment when a bond is broken? How can one observe in real time the phases with which the molecule in a drug binds with its protein receptor? All these questions can now be answered. Trieste now hosts and makes available to researchers one of the world's four FELs. Known as FERMI, it is able to produce impulses that are 100 billion billion times more intense than the sun, and lasting just a few dozen femtoseconds, a fraction of time that is to a second

impulsi di luce, che si amplificano in un processo a catena. Grazie a questi flash di luce, i ricercatori possono scattare sequenze di istantanee, da cui ottenere poi un vero filmato del fenomeno in atto. Presso FERMI attualmente sono attive tre differenti linee sperimentali (una quarta è in costruzione) con le quali studiare i quattro elementi fondamentali della natura: aria, acqua, terra e fuoco.

Aria, ovvero i gas e i materiali rarefatti, che saranno coperti dalla linea LDM, dove gruppi molto piccoli di molecole verranno lanciati ad altissima velocità per scontrarsi poi con gli impulsi di FERMI. Dagli elettroni e dagli ioni prodotti dallo scontro sarà possibile studiare l'evoluzione degli strati più interni di atomi e molecole.

Acqua, ovvero i liquidi. Sarà questo il campo di ricerca della linea TIMER, che dal prossimo anno risponderà a domande su alcuni strani fenomeni nei liquidi, in primis l'acqua, analizzandoli a dimensioni inferiori al decimillesimo di un capello, regione attualmente non analizzabile da nessun esperimento esistente.

Terra, ovvero i solidi, che verranno studiati dalla linea DIPROL, che consentirà di creare immagini tridimensionali di campioni biologici e chimici e di seguirne l'evoluzione temporale, con un dettaglio superiore a qualsiasi microscopio esistente. La luce interagisce con il campione in studio e altera le proprie caratteristiche. Una volta raccolta, permette di risalire con estremo dettaglio all'esatta forma dell'elemento che ha provocato l'alterazione.

Fuoco, ovvero la materia calda e condensata, che sarà al centro degli studi di Timex. Tale stato della materia è quello del nucleo dei pianeti giganti, con una dinamica legata all'evoluzione dell'Universo. L'eccezionale intensità degli impulsi di FERMI porterà i materiali a temperature e pressioni finora mai raggiunte in laboratorio, aprendo la strada a una nuova frontiera della fisica. ●

Focus Luce
Focus on Light

what a second is to 32 million years! Compared to other FELs, Fermi uses a new technology known as seeding, which allows it to have light that is clearly superior in terms of purity and stability. This makes it possible to control with extreme precision the characteristics of each single impulse, and to adapt it to experimental needs, achieving a degree of versatility that makes it suitable for a very wide range of scientific fields.

But how can such a light be produced? A beam of electrons is accelerated to near light speed, and then made to undulate repeatedly through an array of magnets. Much like a truck that loses its cargo as it sways from side to side, the electrons lose part of their energy under the form of light impulses, which are then amplified in a chain reaction. Thanks to these light flashes, researchers can take a series of instant images that can be used to obtain a video of the phenomenon as it occurs. FERMI currently has three different experimental lines (a fourth one is under construction), with which to study nature's four key elements: air, water, earth, and fire.

Air, or gases and rarefied materials, will be studied by the LDM line, where tiny groups of molecules will be launched at very high speed to crash against FERMI's impulses. The electrons and ions produced by this crash will make it possible to study the evolution of the innermost layers of atoms and molecules.

Water, or liquids, will be studied by the TIMER line. Starting next year, it will explore questions related to certain strange phenomena that occur in liquids, especially water, by analyzing them on a scale smaller than 1/100000 of the width of a human hair, a scale not yet achievable by any existing experiment.

Earth, or solids, will be studied by the DIPROL line, which will make it possible to obtain three-dimensional images of biological and chemical samples and to follow their evolution over time, with a degree of detail superior to that of any existing microscope. Light interacts with the sample under study and alters its characteristics. Once the light is analyzed, it makes it possible to re-construct in extreme detail the exact shape of the element that caused the alteration.

Fire, or hot condensed matter, will be studied by the Timex line. Hot condensed matter is found in the core of giant planets, and its dynamics mirror that of the evolution of the universe. The exceptional intensity of FERMI's impulses will heat materials to unprecedented temperatures and pressures in a laboratory setting, paving the way for a new frontier in physics. ●

Guarda il video
Watch the video
Fonte: TV Koper Capodistria



REFERIMENTO / CONTACT

Riccardo Cucini
Elettra Sincrotrone Trieste S.C.p.A.
riccardo.cucini@elettra.eu
www.elettra.eu