

## Rudolf Mössbauer (1929-2011)



Il 14 Settembre 2011 ci ha lasciati il premio Nobel Rudolf Mössbauer.

Rudolf Mössbauer nato a Monaco di Baviera il 31 Gennaio 1929, si laurea in fisica con Heinz Maier-Leibnitz al Technische Universität München (TUM) nel 1955. La scelta fu per la fisica nonostante fosse un eccellente pianista. Andò poi al Max Planck Institute for Medical Research a Heidelberg, ma poiché questo istituto non faceva parte di un'Università tornò da Heinz Maier-Leibnitz e si addottorò con lui nel 1958 a Monaco dove rimase come ricercatore.

Nel 1960 fu invitato al California Institute of Technology (Caltech) in Pasadena dove divenne Full Professor e qui ricevette il premio Nobel. Nel 1964 ritornò al TUM dove rimase come Full Professor fino al 1997 quando divenne Professore Emerito.

Dal 1972 al 1977 fu Direttore del Centro Internazionale di Ricerca Laue-Langevin (ILL), istituto di ricerca scientifica con sede a Grenoble (Francia).

Dal 1997 al 2000 fu nel Comitato Scientifico dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS). Ricevette molte onorificenze e fu membro di molte Accademie tra cui l'Accademia Pontificia delle Scienze e l'Accademia Nazionale delle Scienze.

Il contributo di Mössbauer alla fisica ha avuto un'importanza storica riconosciuta nel 1961 con l'assegnazione del Premio Nobel in Fisica per la scoperta dell'effetto che da lui prende il nome, avvenuta nel 1958, durante il suo lavoro di PhD. L'“Effetto Mössbauer” consiste nell'assorbimento risonante, da

parte di nuclei atomici di radiazione  $\gamma$  emessa senza rinculo da nuclei della stessa specie legati in solidi. Tale fenomeno è alla base di una tecnica di spettroscopia  $\gamma$  ad alta risoluzione, la *spettroscopia gamma risonante* o *spettroscopia Mössbauer*.

L'emissione di radiazione avviene quando un nucleo atomico subisce una transizione energetica tra due livelli nucleari e passa a uno stato finale di energia inferiore a quello iniziale. Per la conservazione della quantità di moto, il nucleo emittente rincula nella direzione opposta a quella della radiazione. Mössbauer scoprì che, in opportune condizioni, era possibile avere emissione di radiazione gamma senza rinculo del nucleo emittente. Questo è possibile, per es., quando il nucleo è fortemente legato in un reticolo cristallino. In queste condizioni, infatti, l'energia del rinculo viene trasmessa a tutto il reticolo e può risultare inferiore all'energia minima necessaria per provocare eccitazioni vibrazionali, con la conseguenza che la radiazione viene emessa senza perdere energia. L'assorbimento risonante avviene allora un fenomeno osservabile ed è possibile studiare direttamente i livelli nucleari.

Il campo d'applicazione del metodo d'assorbimento risonante è piuttosto vasto ed è stato usato per dare risposte a molti interessanti interrogativi scientifici. Le principali applicazioni si riferiscono alla fisica dello stato solido, alla chimica pura e applicata, alla fisica nucleare, all'analisi di minerali, ai sistemi biologici compresa la fisica medica. Da ricordare un primo originale esperimento effettuato nel 1960 da R. Pound e G. Rebka usando questa spettroscopia: la verifica dello spostamento gravitazionale delle righe spettrali verso il rosso, quando la sorgente si trova a potenziale gravitazionale inferiore del rivelatore.

In Italia nel 1963 ricercatori di tre differenti laboratori a Milano CISE, Parma Università e ISPRA iniziarono ad occuparsi di spettroscopia Mössbauer, ma solo a Parma si proseguì e fu istituito il primo Gruppo Italiano di Spettroscopia Mössbauer.

Già nel 1959, poco dopo la scoperta di Mössbauer, W. M. Visscher ipotizzò un effetto simile, emissione e assorbimento senza rinculo, di neutrini emessi per cattura elettronica in nuclei immersi in un reticolo cristallino. Il fenomeno delle oscillazioni di questi

“neutrini Mössbauer” avrebbe caratteristiche uniche, data l'energia molto bassa dei neutrini, 18,6 keV, e l'estremamente piccola larghezza della sua distribuzione.

A partire dal 1980 l'interesse scientifico di Mössbauer si rivolse allo studio delle proprietà dei neutrini. Partecipò ad un esperimento sulla ricerca delle oscillazioni degli antineutrini elettronici al reattore di potenza di Gösgen in Svizzera e all'esperimento GALLEX presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN. Questo difficile esperimento, rivelando per la prima volta i neutrini elettronici dal Sole a basse energie, dimostrò che “l'enigma dei neutrini solari” era dovuto non al Sole ma a proprietà al di fuori del modello standard del neutrino. Fu questo un contributo fondamentale alla scoperta delle oscillazioni dei neutrini.

In questo contesto, a partire dal 2005, Raju Raghavan, anche lui da poco scomparso (20 ottobre 2011), studiò un possibile esperimento nel quale l'elettrone del decadimento beta del trizio rimane legato all'atomo risultante di  $^3\text{He}$  e successivamente, un elettrone atomico e l'antineutrino elettronico, vengono assorbiti in maniera risonante da un  $^3\text{H}$ . I nuclei di  $^3\text{H}$  e  $^3\text{He}$  sono immersi in un reticolo (idruri metallici). L'effetto farebbe crescere la sezione d'urto di dodici ordini di grandezza rispetto ad un processo non risonante, rendendo possibile lo studio di proprietà del neutrino con rivelatori di massa ridotta (dell'ordine del chilogrammo).

L'attività Scientifica di Mössbauer è stata alla base della formazione di vari studenti. Infatti Rudolf Mössbauer fu un eccellente maestro. Impartì numerosi corsi di fisica fra cui: *Neutrino Physics*, *Neutrino Oscillations*, *The Unification of the Electromagnetic and Weak Interaction* e *The Interaction of Photons and Neutrons with Matter*.

Mössbauer nel 1979 partecipò come relatore generale al Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica ad Ancona presentando il 6 ottobre, con grande successo, la relazione generale: “Resonant scattering of gamma-radiation”. Anche in quell'occasione dimostrò nei riguardi di tutte le persone con le quali si incontrò e discusse una naturale cordialità.

Ci piace ricordarlo come “Un fisico che ha rivitalizzato la scienza tedesca con la creazione di un nuovo tipo di spettroscopia” (Fritz Parak, Nature 2011).

On 14 September 2011 the Nobel Prize Rudolf Mössbauer passed away.

Rudolf Mössbauer was born in Munich on January 31, 1929, and graduated in Physics with Heinz Maier-Leibnitz at *Technische Universität München* (TUM) in 1955. He opted for Physics notwithstanding his being a talented piano player. He went then to Max Planck Institut for Medical Research in Heidelberg, but since this Institute did not belong to a University he went back to Heinz Maier-Leibnitz (TUM) and obtained his PhD degree in 1958, and there he remained as a scientific assistant.

In 1960 he was invited to the Institute of Technology (CalTech) in Pasadena, there became Full Professor and was awarded the Nobel Prize in Physics. In 1964 he went back to TUM as Full Professor until 1997 when he became Professor Emeritus.

From 1972 to 1977 he was Director of the International Centre for Research Laue-Langevin (ILL- Grenoble, France).

From 1997 to 2000 he was part of the Scientific Committee of the *Laboratori Nazionali del Gran Sasso* (LNGS, Italy).

He received several awards and was member of many Academies among which the Accademia Pontificia delle Scienze and Accademia Nazionale delle Scienze.

Mössbauer's contribution to physics was of a historical importance as recognized in 1961 by the Nobel Prize for the discovery, occurred in 1958 during his PhD research work, of recoilless  $\gamma$ -ray resonance. Mössbauer found that  $\gamma$ -rays emitted by iridium-191 could be absorbed by a target of the same isotope without any loss of energy. This effect is now referred to as the “Mössbauer Effect”.

The radiation emission occurs when an atomic nucleus undergoes an energy transition between two nuclear levels. To conserve momentum, the emitting nucleus recoils in the opposite direction with respect to the  $\gamma$ -ray one. Mössbauer discovered that under specific

conditions it is possible to get  $\gamma$ -ray emission without recoil of the emitting nucleus. This is possible, e.g., when the nucleus is tightly bound in a crystalline lattice. The recoil energy is transmitted to the whole lattice therefore the radiation is emitted without energy loss. The resonant absorption becomes then an observable phenomenon and it is possible to study the nuclear levels directly.

Mössbauer spectroscopy is applied in a wide range of fields and it has been used in several interesting scientific issues regarding solid-state physics, pure and applied chemistry, natural mineral analysis, biological systems including medical physics.

One of the first original experiments carried out by R. Pound and G. Rebka, in 1960, by means of this spectroscopy is worth recalling: the verification of the gravitational redshift of the spectral lines, when the source is at a gravitational potential lower than the detector one. This was one of the first experiment testing Albert Einstein's theory of general relativity.

In Italy in 1963 researchers of three different laboratories – CISE in Milan, Parma University and ISPRA – began to deal with Mössbauer spectroscopy but only in Parma this line of research continued and the first Italian group of Mössbauer spectroscopy was instituted.

In 1959, soon after Mössbauer discovery, W. M. Visscher hypothesized a similar effect, i.e. the emission and absorption recoilless neutrinos emitted by electron capture in nuclei embedded in a crystalline lattice. The oscillation phenomenon of these “Mössbauer neutrinos” should have unique characteristics, given the very low neutrino energy, 18.6 keV, and the extreme smallness of its distribution width.

Starting from the 1980s, Mössbauer's scientific interest turned to the neutrino properties study. He participated in an experiment on neutrino oscillation researches at the power reactor Gösgen in Switzerland

and in the GALLEX experiment at the INFN *Laboratori Nazionali del Gran Sasso*. This difficult experiment, by detecting for the first time the solar electron neutrinos at low energies, showed that the “solar neutrino enigma” was due not to the Sun but to the non-Standard-Model properties of the neutrinos. This has been a fundamental contribution to the neutrino oscillations discovery.

In this contest since 2005, Rajn Raghvan, who also recently passed away (October 2011), studied a possible experiment in which the electron from tritium  $\beta$ -decay remains bound to the resulting  $^3\text{He}$  atom and subsequently an atomic electron and the electron antineutrino are absorbed resonantly by a  $^3\text{He}$  atom. The  $^3\text{H}$  and  $^3\text{He}$  nuclei are embedded in a lattice (metal hydrates). This effect should increase the cross-section by 12 orders of magnitude with respect to a non-resonant process, making possible the study of the neutrino properties by reduced mass (of the order of one kilogram) detectors.

Mössbauer's scientific activity set the basis for the education of a lot of students. In fact Rudolf Mössbauer was an excellent “Maestro”. He held many physics classes among which: *Neutrino Physics*, *Neutrino Oscillations*, *The Unification of the Electromagnetic and Weak Interaction*, and *The Interaction of Photons and Neutrons with Matter*.

In 1979 Mössbauer was invited to the National Congress of the Italian Physical Society in Ancona, where he presented a successful plenary talk on “Resonant scattering of gamma radiation”. Also in that occasion he showed a natural friendliness to all the people he met and discussed with.

We like to remember him as: “A physicist who revived the German science with the creation of a new type of spectroscopy” (Fritz Parak, Nature 2011).

Ida Ortalli and Simonetta Croci  
Parma University