

PREMIO “ENRICO FERMI” DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA 2011

The prestigious “Enrico Fermi” Prize has been awarded starting from 2001, to commemorate the great scientist on the occasion of the centenary of his birth. The prize is yearly awarded to Members of the Society who particularly honoured Italian physics with their discoveries. A commission made of experts appointed by SIF, Accademia Nazionale dei Lincei, CNR, INAF, INFN and Centro Fermi (Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi”) selects the winner(s) among a list of candidates and sends the proposal to the Council of SIF for final approval.

In 2011 the Enrico Fermi Prize has been jointly awarded to

- Dieter Haidt and Antonino Pullia for their joint fundamental contribution in the discovery of weak neutral currents with the Gargamelle bubble chamber at CERN.



Dieter Haidt and Antonino Pullia



Fig. 1 The body of the Gargamelle chamber in its coils that generate the magnetic field.
© CERN, Geneva.

The weak interaction is one of the fundamental forces between the elementary constituents of matter. Weak forces are responsible of the energy production in the Sun and, at microscopic scales, of the beta decays of nuclei and of elementary particles. For example, a neutron decays into a proton, an electron and an anti-electron-neutrino. In 1934 Fermi developed the first theory of weak interactions. In his theory, the neutron emits the electron-antineutrino pair, in analogy to the photon emission, by an atom or a nucleus, in electromagnetism. Differently from the photon, the lepton-antilepton pair carries electric charge (negative in the example, positive in other cases). In the evolution of the theory, the concept of “weak charged currents” (CC) was developed. The discovery of parity violation in 1957 led to establish the $V-A$ character of the weak charged current: it contains a vector and an axial component of the same amplitude and opposite sign. A drawback of the $V-A$ theory was the predicted divergence at high energy of the interaction strength and efforts were made by the theorists to develop, in analogy to QED, a gauge theory of weak interactions. Sheldon Glashow (1961), Abdus Salam (1968) and Steven Weinberg (1967) succeeded in building such a “unified” model of

electromagnetic and weak interactions. It postulated the existence of massive mediator particles, the vector bosons W^+ , W^- and Z^0 . Three of them were necessary, two charged bosons for the CC, and a neutral one. The existence of the latter would imply a new class of phenomena, the weak neutral currents (NC). The model became a complete theory only in 1972 when Gerard ‘t Hooft and Marthinus Veltman demonstrated that it can be renormalized, a fundamental property that any quantum field theory must have. Around the middle of the 1960s CERN and Fermilab were two of the leading laboratories for high-intensity muon-neutrino beams. While the beams in the two laboratories were similar, the choice of the detector technology was different. In Europe André Lagarrigue conceived a “gigantic” heavy-liquid bubble chamber. His project was approved by the French CEA in 1965. Named after the mother of Gargantua (the giant in the story by François Rabelais), Gargamelle measured 4 m long and 2 m diameter, weighed 1000 tonnes, and contained 18 tonnes of liquid Freon. Figure 1 shows Gargamelle being assembled at CERN. The Gargamelle Collaboration on neutrino physics was formed in 1968, under the leadership of Lagarrigue. It included more than fifty physicists

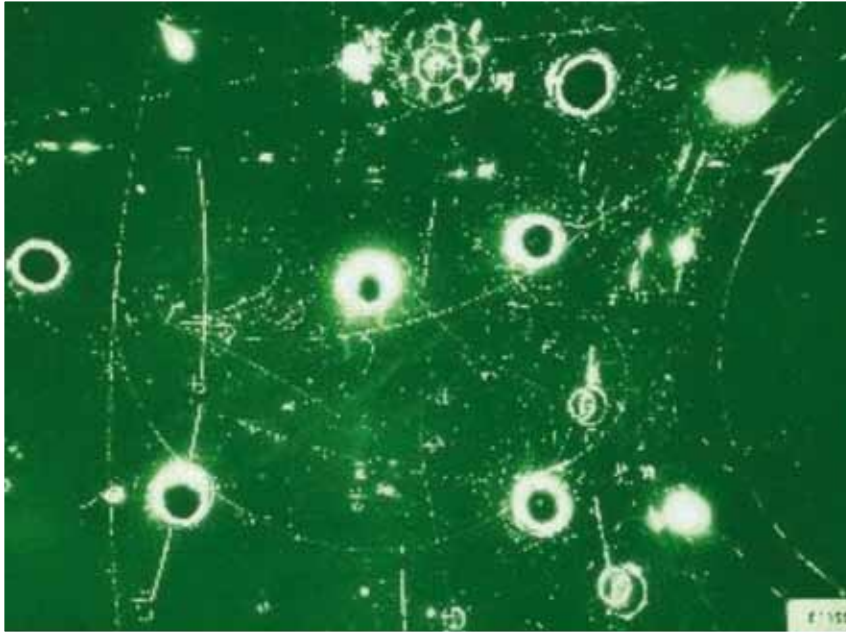


Fig. 2 A neutral current neutrino event.
Only hadrons in the final state.
© CERN, Geneva.

from Aachen, Brussels, CERN, Ecole Polytechnique, Milan, and UCL. Several of the Gargamelle collaborators gave fundamental contributions to the success of the Collaboration.

Initially, the Collaboration met in Milan to list the priorities in the forthcoming neutrino experiments. The search for neutral currents was way down at number eight, because, as mentioned above, the Glashow-Weinberg-Salam model had not yet gained strong credit and, even more important, the previous searches for neutral currents had resulted only in upper limits. Priority was given to probing the proton structure with neutrinos. Antonino Pullia however, had a leading role in the early research of neutral current and in convincing the colleagues of its strategic importance.

The difference between the muon-neutrino interactions via charged currents, the then well-known ones, and via neutral currents is the presence or absence of a muon in the final state. This lepton is charged and penetrates through metres of matter without interaction, making it look different from hadrons. An example of NC is shown in [fig. 2](#). However, non-detected neutrino interactions upstream of the chamber could produce similar muonless events when interacting in the chamber. How to distinguish then the searched NC signal from the neutron background?

In the spring of 1973 the discovery appeared at hand. The number of NC candidates was large and their spatial distribution along the chamber was flat as that of the CC, and not exponentially falling as expected for neutrons. Simple Monte Carlo simulations by Orsay confirmed the conclusion.

However, Jack Fry and Dieter Haidt contested the conclusion, considering two elements: first, neutrino interactions take place also in the coils surrounding the chamber and the produced neutrons enter the fiducial volume uniformly along the length of the chamber; second, high-energy neutrons generate a “cascade” resulting in a longer attenuation length and a flatter distribution. A detailed calculation was needed taking into account the geometry and the matter distribution of the detector, the radial neutrino flux shape and much more. The simulation programme was written, backing its elements with data, by Fry and Haidt and finally led in July 1973 to the firm conclusion that the neutron-induced background could explain only a small fraction of the NC candidates. In the same month, Antonino Pullia developed an independent approach based on the measured spatial distribution of the CC events, reaching the same conclusion.

In August 1973 the NC discovery was presented by the Gargamelle Collaboration at the Electron Photon Conference at Bonn. The competitor experiment HPWF (Harvard, Pennsylvania, Wisconsin, Fermilab Collaboration) at Fermilab was able to confirm the CERN result only in 1974.

This was the first great discovery made at CERN. It allowed, in particular, to predict on the basis of the Glashow-Weinberg-Salam theory the masses of the vector bosons and led to the proton-antiproton collider and to the discovery, ten years later, of the three vector bosons, by Carlo Rubbia with the UA1 experiment.

A. Bettini
Università degli Studi di Padova

PREMIO “OCCHIALINI” SIF-IOP 2011

Il Premio “Giuseppe Occhialini” è stato congiuntamente istituito nel 2007 dalla Società Italiana di Fisica (SIF) e dall’Institute of Physics (IOP), del Regno Unito ed Irlanda, in occasione del centenario della nascita del grande scienziato che operò in Italia e in Inghilterra. Il premio è bandito annualmente dall’una o dall’altra Società alternativamente e conferito a un fisico operante in Italia, nel Regno Unito o Irlanda, “in riconoscimento di risultati rilevanti del suo lavoro di ricerca in fisica negli ultimi 10 anni”.

In 2011 the Occhialini Prize has been awarded and presented on the occasion of the Opening Ceremony of the 97th SIF National Congress in L’Aquila to:

Gian Luca Oppo (Department of Physics, University of Strathclyde) with the following citation: “for novel insights into nonlinear and quantum optical phenomena, especially spatio-temporal phenomena, achieved through the development and application of powerful techniques for small-scale computing.”

Because laser light can be powerful enough to change the optical properties of the materials it encounters, the laser’s invention opened up a new field of physics, *nonlinear optics*. For example, laser light can guide itself through self-lensing. Nonlinear problems are notoriously difficult, and analytic solutions rarely possible. Then computer simulation offers a powerful tool which, complementing traditional theoretical methods, enables understanding of observed nonlinear optical effects and prediction of new ones. It is in this two-pronged approach that G. L. Oppo excels, through which he has made outstanding contributions to nonlinear physics over two decades, and for which he has been nominated for the Occhialini Medal.

Oppo’s early research was primarily in the time domain, most notably predicting the narrowing, due to quantum coherence effects, of spectral lines due to fluorescence in laser-irradiated multi-level atoms – a prediction immediately and precisely confirmed by experiment.

By 1990 computer advances enabled the exploration of nonlinear optics in the spatial, as well as temporal, domains. Oppo made a major breakthrough with the prediction of spontaneous pattern formation in optical parametric oscillators, important nonlinear

wavelength-shifting devices. His predictions have again been experimentally verified, leading to the concept and implementation of *quantum images*, spatial encoding of information in the quantum correlations, rather than the intensity, of an optical field.

Oppo’s quantum image work, and other research into spatio-temporal nonlinear optics, has been pursued within several world-leading EU collaborations. He has been innovative in both optics and in computation, e.g. his

development of parallel codes and algorithms enables investigations of highly complex systems, such as broad-area semiconductor lasers. He is now taking this approach to a new level, leading research in immunology and other multidisciplinary areas within the Institute for Complex Systems at Strathclyde, of which he is founder and first Director.

W. J. Firth
University of Strathclyde, Glasgow, UK



Gian Luca Oppo.

IL PREMIO NOBEL PER LA FISICA 2011



Saul Perlmutter

Photo: Roy Kaltschmidt. Courtesy: Lawrence Berkeley National Laboratory



Brian P. Schmidt

Photo: Belinda Pratten, Australian National University



Adam G. Riess

Photo: Homewood Photography

UN ALTRO NOBEL PER LA COSMOLOGIA

Il Nobel per la fisica del 2011 ha premiato la sorprendente scoperta del 1998 dell'espansione accelerata dell'universo [1], ad opera di due team di astrofisici, guidati il primo da Saul Perlmutter (Lawrence Berkeley National Laboratory e University of California, Berkeley); il secondo da Brian P. Schmidt (Australian National University, Weston Creek, Australia) e Adam G. Riess (Johns Hopkins University and Space Telescope Science Institute, Baltimore).

Come nel 2006, il comitato del Nobel ha riconosciuto quanto l'uso dell'universo come laboratorio può offrire alla fisica.

Una accelerazione richiede un motore, che in questo caso è ancora ignoto, ma deve avere caratteristiche fisiche molto peculiari: una densità di massa-energia che non si diluisce con l'espansione dello spazio, un po' come l'energia del vuoto. Per spiegare l'accelerazione osservata, questa forma di massa-energia dovrebbe essere più del 70% del totale della massa-energia presente nell'universo.

L'espansione dello spazio a grandissima scala fu scoperta nelle prime decadi del secolo scorso da Vesto Slipher, Carl Wirtz, Edwin Hubble. Se la metrica è in espansione, anche le lunghezze d'onda dei fotoni che vi si propagano si allungano esattamente dello stesso fattore. Il fenomeno è detto redshift cosmologico, intendendo per redshift l'allungamento percentuale delle lunghezze d'onda prodotte dalla sorgente, e avvenuto durante la propagazione della luce da sorgente a osservatore. Tanto più lontana da noi è una sorgente, tanto più tempo impiegano i suoi fotoni a raggiungerci, tanto maggiore è l'espansione dello spazio che avviene nel frattempo, tanto maggiore è l'allungamento delle lunghezze d'onda. Ci si aspetta quindi che il redshift, quantità direttamente misurabile analizzando spettroscopicamente la luce

della sorgente, sia una funzione crescente della sua distanza. Siccome quest'ultima è invece una quantità difficilmente misurabile, trattandosi di distanze cosmologiche, si capisce l'importanza di conoscere questa funzione. Per piccoli redshift ($z \ll 1$) la relazione tra redshift z e distanza D è lineare: $cz = H_0 D$, dove c è la velocità della luce e la costante di proporzionalità H_0 è dell'ordine di 70 km/s/Mpc ($2,2 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$), con una incertezza, principalmente di natura sistematica, inferiore al 10%.

Ma che succede a distanze maggiori? La legge di Hubble continua a valere, o la relazione tra distanza e redshift (diagramma di Hubble) diventa più complessa e non lineare? Lo studio del diagramma di Hubble è uno dei più classici test cosmologici: la sua forma dipende, secondo la teoria, dalla costante di Hubble (evidentemente legata alla velocità di espansione) e dalle densità delle diverse forme di massa-energia presenti nell'universo, descritte dai parametri di densità $\Omega = \rho_x / \rho_c$ (dove ρ_c è la densità critica $\rho_c = 3H_0^2 / (8\pi G)$). Avremo Ω_m per la materia (barionica ed oscura), Ω_r per la radiazione e la materia relativistica, ma anche Ω_Λ per una eventuale densità di massa-energia che non si diluisce con l'espansione (costante cosmologica).

La forma del diagramma di Hubble dipende direttamente da come l'universo si è espanso, il che, a sua volta, dipende dalla sua composizione in termini di densità di massa-energia. Una predominanza di materia e/o radiazione produrrebbe una espansione decelerata, mentre una predominanza della costante cosmologica produrrebbe una espansione accelerata. Il parametro q_0 misura in forma adimensionale la decelerazione dell'espansione dell'universo, e può essere determinato dalla stima della deviazione dalla linearità del diagramma di Hubble a redshift non trascurabili. D'altra parte

$q_0 = \Omega_m / 2 + \Omega_r - \Omega_\Lambda$. Quindi, se si potesse misurare il diagramma di Hubble fino a redshift dell'ordine di 1 e oltre, si potrebbero vincolare efficacemente questi parametri cosmologici.

Per costruire il diagramma è necessario utilizzare galassie delle quali si sappia a priori la distanza, grazie ad opportuni indicatori: misurando il loro redshift, si può popolare il diagramma D vs. z .

Le due caratteristiche di una sorgente utilizzabili a questo scopo sono la sua estensione e la sua luminosità. Se si sapesse a priori l'estensione lineare di una sorgente, ad es. il diametro di una galassia (cioè se la sorgente fosse un "righello standard"), misurandone l'angolo che sottende potremmo ricavarne la distanza. Analogamente, se si sapesse a priori la sua luminosità (cioè se la sorgente fosse una "candela standard"), potremmo ricavarne la distanza misurandone il flusso. Per tutte le teorie metriche, la distanza di diametro angolare e la distanza di luminosità sono legate dalla semplice relazione $D_A = D_L / (1+z)^2$, quindi ambedue possono essere utilizzate per costruire il diagramma di Hubble.

Per sondare distanze cosmologiche possiamo quindi usare sorgenti intrinsecamente molto luminose, e di luminosità nota a priori. In questo contesto si sono inseriti gli studi delle supernovae di tipo Ia (SNe Ia), violente esplosioni stellari che rilasciano $1-2 \times 10^{44} \text{ J}$ di energia, diventando temporaneamente più luminose dell'intera galassia che le ospita. Secondo il modello più accreditato, la stella compatta che esplose è una nana bianca di carbonio-ossigeno in rotazione lenta. In queste condizioni la stella ha una massa inferiore a 1,38 masse solari, il limite di Chandrasekhar oltre il quale la pressione di degenerazione elettronica non è sufficiente a contrastare la fortissima



Fig. 1 La galassia NGC 4526, con la supernova SN1994D: nella sua fase di massimo la luminosità della stella in esplosione è confrontabile con la luminosità dell'intera galassia (fonte: ESA/Hubble).

auto-gravità. Se, però, la nana bianca fa parte di un sistema binario insieme ad una gigante rossa, può accrescere gradualmente la sua massa sottraendola alla stella compagna, fino ad avvicinarsi molto al limite di Chandrasekhar. A quel punto la temperatura nel centro della stella sale abbastanza da innescare instabilità, ed è probabile che si inneschi la fusione del carbonio e poi dell'ossigeno, che in pochi secondi vengono trasformati in elementi più pesanti; la temperatura centrale sale a miliardi di gradi e le particelle che costituiscono la stella formano un'onda d'urto che si espande a velocità dell'ordine di 10000 km/s. Alcuni mesi dopo l'esplosione il materiale in espansione si è diluito abbastanza da diventare trasparente. La luminosità diventa massima (vedi fig.1), ed è dominata dalla luce originata, nelle zone centrali, dagli elementi pesanti che si sono formati durante l'esplosione: principalmente ^{56}Ni , che decade in ^{56}Co , e quest'ultimo che decade in ^{56}Fe . Viene quindi prodotta una curva di luce molto caratteristica, con due costanti di tempo definite dai tempi di decadimento radioattivo (tempi di dimezzamento di 6 e 77 giorni, rispettivamente). Dato che tutte le SNe Ia esplodono a partire dalla stessa composizione e massa, la luminosità e la curva di luce dovrebbero essere sempre le stesse. Sono quindi delle ottime candidate a candela standard. In realtà questo è vero solo in prima approssimazione. Lo studio delle SNe Ia vicine, per le quali è possibile stimare la distanza con altri metodi, mostra che la dispersione delle luminosità intrinseche è dell'ordine di 1,5 magnitudini (cioè una variazione percentuale del 75%). Grazie al lavoro sistematico di studio delle curve di luce, è stato possibile scoprire l'esistenza di una correlazione tra la durata del picco di luminosità e la sua ampiezza. Usando questa correlazione si può ottenere una luminosità di picco corretta, la cui dispersione è ridotta a circa 0,2 magnitudini (variazione percentuale del 17%) [2].

Su queste basi, i team diretti dai tre Premi Nobel hanno realizzato una ricerca sistematica di SNe Ia. Si tratta di eventi rari: in una galassia esplose in media una SN Ia ogni 500 anni. Quindi se si vuole accumulare un campione significativo di eventi, si devono osservare sistematicamente grandi regioni di cielo, in modo da avere a disposizione un grande numero di galassie per ciascuna immagine del cielo. Con telescopi a largo campo si riescono ad ottenere, in una notte di osservazioni, da 50 a 100 immagini di campi diversi, ciascuno contenente in media 750 galassie. Ripetendo le osservazioni ogni luna nuova, si confrontano le osservazioni successive dello stesso pixel. Se in un pixel si rileva un aumento del flusso si può ipotizzare che sia esplosa una supernova. Le candidate vengono osservate con altri telescopi per misurarne gli spettri, dai quali si ricava il redshift e si verifica la presenza degli elementi pesanti caratteristici delle SNe Ia. Se si conclude che nel pixel è effettivamente

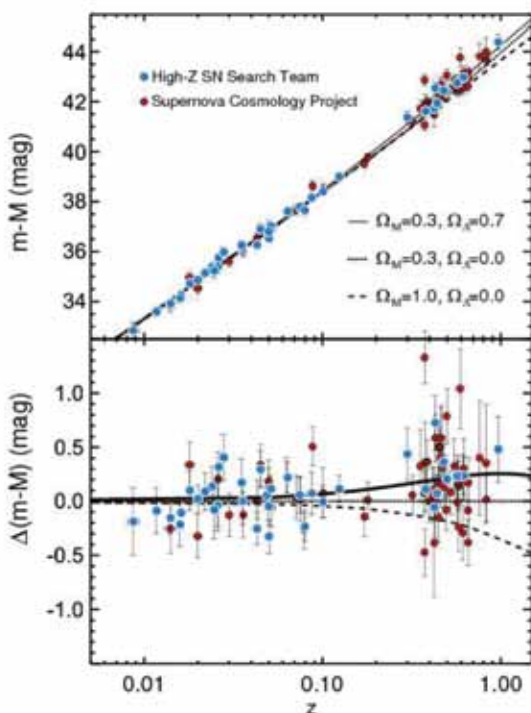


Fig. 2 Modulo di distanza (proporzionale al logaritmo della distanza di luminosità) in funzione del redshift, per il primo campione di SNe Ia pubblicato dai Premi Nobel nel 1998. Da questo diagramma di Hubble è evidente che, rispetto a quanto aspettato per un universo in decelerazione (curva tratteggiata) le SNe Ia sono sistematicamente più deboli, e quindi più lontane, consistentemente con l'ipotesi di un universo in espansione accelerata (curva continua). Oggi il numero di SNe Ia misurate ad alto redshift ammonta a diverse centinaia, ed il significato statistico della deviazione è molto maggiore (da <http://www.cfa.harvard.edu/supernova/home.html>).

esplosa una SN Ia, se ne misura la curva di luce per i mesi successivi. I tempi di salita e discesa della curva di luce delle SNe Ia sono tali che con questa strategia si possono scoprire, ogni mese, più di dieci supernovae prima del massimo della loro luminosità.

I primi risultati di questa attività furono pubblicati nel 1998, e il diagramma di Hubble costruito dalle osservazioni mostrava che i flussi delle SNe Ia ad alto redshift erano tutti sistematicamente più deboli di quelli aspettati in un universo in espansione decelerata. Come se l'universo avesse invece accelerato la sua espansione, e quindi le SNe Ia apparissero più lontane di quanto ci si aspettava (vedi fig. 2).

Ma le ovvie componenti dell'universo sono materia e radiazione: se ci fossero solo queste, l'espansione dell'universo decelererebbe. I risultati dei due team, pur essendo in accordo e quindi supportandosi a vicenda, rappresentarono quindi una grande sorpresa per la comunità dei cosmologi.

Per anni si tentò di confutare questa costruzione osservativa / interpretativa, cercando di capire se davvero quanto misurato per le SNe Ia vicine potesse essere applicato ad alti redshift, quindi in una fase in cui l'universo e le galassie erano miliardi di anni più giovani. Non potrebbe l'ambiente in cui le SNe Ia esplodono modificare la loro composizione, o i dettagli dell'esplosione? E poi, durante il viaggio di miliardi di anni luce, non potrebbe una frazione dei fotoni partiti venire assorbita da materiale intergalattico, rendendo così conto dell'apparente debolezza delle SNe Ia ad alto redshift? Parte di questi dubbi fu fugata dall'osservazione di una SN Ia talmente lontana da essere esplosa in una fase in cui l'universo stava ancora decelerando. Si tratta della SN1997ff, a redshift $z = 1,7$, scoperta fortuitamente nelle immagini profonde dell'Hubble Space Telescope. Ebbene, per quella SN Ia, in cui gli eventuali effetti dell'ambiente e dell'assorbimento intergalattico dovrebbero essere massimi, tali effetti furono esclusi [3]. Il punto relativo a SN1997ff, pur con notevole incertezza, è consistente con il modello di universo in accelerazione (oggi, ma in decelerazione in passato), mentre non è consistente con un universo sempre in decelerazione.

Nei 12 anni passati dalla scoperta dell'accelerazione dell'universo, i dati delle supernovae hanno continuato ad accumularsi. I due programmi osservativi più importanti, ESSENCE al telescopio CTIO da 4 m in Cile, e SNLS al telescopio CFHT da 3,6 m alle Hawaii, seguiti da identificazioni spettroscopiche con telescopi da 8-10 metri, hanno prodotto un campione di diverse centinaia di SNe Ia. E l'eccessiva debolezza dei flussi è stata confermata con significatività crescente, resistendo a critiche di tutti i tipi.

L'impatto sulla cosmologia e sulla fisica è stato notevolissimo. Qual è il motivo dell'accelerazione? Per generarla serve

una misteriosa densità di energia che non si diluisce con l'espansione. Qual è la sua natura? Costante Cosmologica, Energia Oscura, Quintessenza... i nomi che designano le diverse ipotesi sono enigmatici e danno la misura della nostra incapacità di descriverla fisicamente. Il valore di Ω_Λ richiesto dalle osservazioni delle supernovae è circa 0,7. Per confronto, oggi il parametro di densità della radiazione è $\Omega_r < 10^{-4}$, mentre il parametro di densità della materia è $\Omega_m = 0,2$; stiamo quindi affermando che la maggior parte della massa-energia dell'universo oggi è costituito da una componente assolutamente sconosciuta, mai misurata in laboratorio. D'altra parte questo valore di Ω_Λ viene oggi confermato da altre misure completamente indipendenti.

Nelle misure di precisione di anisotropia del fondo cosmico a microonde si realizzano mappe della superficie di ultimo scattering dei fotoni, a redshift 1100, nelle quali è evidente la presenza di orizzonti causali [4]. Di questi, usando una teoria lineare, sappiamo calcolare a priori le dimensioni. Si può quindi stabilire con ottima precisione la distanza di diametro angolare corrispondente a tale redshift. La distanza dipende dalla successiva espansione dell'universo, e quindi è sensibile anche al valore di Ω_Λ , nonostante gli effetti dinamici di questa componente dell'universo diventino importanti solo a redshift dell'ordine di 1. I valori di Ω_Λ e Ω_m ricavati dall'anisotropia CMB sono ancora più precisi, pari a 0,72 e 0,24 [5], e saranno ancora migliorabili con i dati del satellite Planck attualmente in operazione. Esperimenti CMB che misurano l'effetto Sunyaev-Zeldovich in ammassi di galassie (come i telescopi ACT e SPT a terra, e il telescopio OLIMPO su pallone stratosferico) creano cataloghi che contengono ammassi a grande redshift: la loro abbondanza è una misura sensibile e indipendente di Ω_Λ .

Un altro modo di misurare le distanze in funzione del redshift consiste nello studio delle oscillazioni acustiche barioniche (BAO). Si tratta dei residui delle oscillazioni del plasma di materia e fotoni che avvenivano nel plasma primordiale prima che raffreddandosi sotto 3000 K diventasse neutro. Successivamente, lo spettro di potenza delle perturbazioni di barioni evolve, mantenendo la scala comobile caratteristica dell'orizzonte al disaccoppiamento. Misurando la distribuzione in 3D delle galassie, si può misurarne lo spettro di potenza della materia a diversi redshift, e ricavare dai suoi picchi la distanza di diametro angolare. Dal campione di galassie rosse della SDSS si sono così ricavati i parametri cosmologici $\Omega_\Lambda = 0,7$, $\Omega_m = 0,3$, in accordo con quelli stimati dalle SNe Ia e dalla CMB [6].

Mentre l'esigenza di un parametro di densità $\Omega_\Lambda = 0,7$ sembra ben assodata, la sua natura rimane un mistero ed una sfida per fisici e cosmologi, sia teorici che sperimentali. Dal punto di vista teorico, deve avere le stesse caratteristiche dell'energia del vuoto, con una

densità pari a $(2,7 \times 10^{-3} \text{ eV})^4 h^2$. D'altra parte, il valore naturale dell'energia del vuoto nelle teorie supersimmetriche è maggiore del TeV, o, se non ci sono supersimmetrie a questa scala, il valore più naturale è quello della scala delle stringhe o della scala di Planck. Si tratta di 60-120 ordini di grandezza in più! Forse non si tratta di energia del vuoto, ma di un campo scalare (vedi ad es. [7]), oppure si devono modificare le equazioni di Einstein (vedi ad es. [8]): tutte ipotesi attivamente perseguite al momento, ma difficilmente verificabili sperimentalmente.

Dal punto di vista sperimentale, si spera di poter accumulare abbastanza dati da vincolare l'equazione di stato del fluido energia oscura, e la sua eventuale evoluzione. Data una generica equazione di stato $p = wp$, il parametro w vale -1 nel caso della costante cosmologica e dell'energia del vuoto, mentre altre forme di energia oscura avrebbero w diverso ed eventualmente in evoluzione. Combinando i dati di SNe Ia, CMB e BAO, si ottiene che w è sostanzialmente vincolato ad essere -1 entro il 20%, con un livello di confidenza del 95%.

La Dark Energy Survey al telescopio CTIO produrrà circa 3000 SNe Ia nei prossimi 5 anni. Il progetto LSST, con un telescopio da 8 metri ed una camera che copre 9 gradi quadrati in cinque bande, produrrà ogni anno un set di 250000 SNe Ia con curve di luce campionate ogni 5 giorni e precisione fotometrica all'1%. A quel punto, il vero limite sarà costituito dalle successive identificazioni spettroscopiche. Comunque, con dati di questo genere si potrà vincolare w con una precisione di qualche per cento, ed anche una sua eventuale evoluzione con il redshift.

Il Nobel ha definitivamente accreditato la scoperta di Perlmutter, Schmidt, Riess e dei loro collaboratori. La sua interpretazione fisica ci porta lontano, e al momento rappresenta una sfida aperta per tutti i fisici ed i cosmologi.

P. de Bernardis
S. Masi
Università La Sapienza, Roma

Riferimenti

- [1] A.G. Riess *et al.*, *Astron. J.*, 116 (1998) 1009-1038; S. Perlmutter *et al.*, *Astrophys. J.*, 517 (1999) 565.
- [2] A. Kim *et al.*, *Astrophys. J.*, 476 (1997) L63.
- [3] A.G. Riess *et al.*, *Astrophys. J.*, 560 (2001) 49.
- [4] P. de Bernardis *et al.*, *Nature*, 404 (2000) 955; *Astrophys. J.*, 564 (2002) 559.
- [5] D. Larson *et al.*, *Astrophys. J. Suppl.*, 192 (2011) 16.
- [6] W. Percival *et al.*, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 401 (2010) 2148.
- [7] E. Linder, *Gen. Rel. Grav.*, 40 (2008) 329.
- [8] G. R. Dvali, *et al.*, *Phys. Lett. B*, 484 (2000) 112; 485 (2000) 208.

Questa intervista è pubblicata in occasione dell'Anno Internazionale della Chimica in cui si celebra il 100° anniversario dell'assegnazione del Nobel per la Chimica a Marie Curie: un'opportunità per celebrare il contributo delle donne alla scienza.

CATIA BASTIOLI: SCIENZA E INNOVAZIONE, UN ESEMPIO DI ECCELLENZA AL FEMMINILE

EUROPEAN INVENTOR
OF THE YEAR

Quali sono state le motivazioni della scelta del suo percorso professionale e quali le ragioni alla base del successo della sua attività di ricerca?

La chimica verde delle plastiche biodegradabili che nascono da materie prime di origine agricola è stata fin dagli anni '80 il mio maggiore interesse. La svolta vera e propria ci fu nel 1988 quando Raul Gardini, dopo aver acquistato Montedison, volle creare Fertec, un nuovo centro dedicato anche ai "materiali biodegradabili da risorse rinnovabili", che nel 1989 venne affidato a me. L'intuizione di Gardini fu indubbiamente visionaria e anticipatrice. Novamont nacque nel solco di quella ricerca e nel 1994 realizzò le prime bioplastiche Mater-Bi contenenti fonti rinnovabili di origine agricola.

Quali sono stati i momenti critici e i passi chiave che ha affrontato e quali i maggiori motivi di orgoglio nel corso della sua attività di ricerca?

Uno dei momenti più critici risale al 1992 quando arrivò la crisi seguita al fallimento di Enimont. Eravamo considerati solo un costo da tagliare. Per fortuna chi ci doveva liquidare comprese il valore del nostro lavoro e ci lasciò lavorare quel tanto che servì a trasformare i brevetti in prodotti, garantendo il futuro all'azienda. Sicuramente uno dei momenti di maggiore soddisfazione è stato invece quello della premiazione "Inventore Europeo dell'Anno 2007", riconoscimento che ci è stato assegnato dall'EPO e dall'UE per i brevetti sul Mater-Bi, una famiglia di bioplastiche contenente risorse rinnovabili di origine agricola, completamente biodegradabili e compostabili naturalmente. Con il Mater-Bi è possibile realizzare diverse applicazioni in svariati settori: agricoltura (teli per pacciamatura), shopper, sacchi per la raccolta differenziata della frazione organica, packaging alimentare, prodotti monouso per il catering, prodotti per l'igiene della persona e dei neonati, oggettistica, pneumatici, etc.

Come si confronta la sua ricerca sulle plastiche rinnovabili con simili ricerche in Italia, in Europa e nel mondo?

Direi che allo stato attuale l'Italia ha un'indubbia leadership che ha portato e porta tutti i soggetti imprenditoriali e istituzionali interessati a questo settore a livello internazionale a guardare all'esperienza e alla ricerca della Novamont. Noi siamo un centro di ricerca e riteniamo di essere un incubatore in grado di promuovere nuove attività. Indubbiamente in questo momento c'è grande fermento e tutti i principali attori stanno guardando al rapporto tra materie prime agricole



e bioplastiche e come sistema Paese abbiamo una chance incredibile per rilanciare il settore chimico.

Quali sono le esperienze e i risultati più significativi delle collaborazioni sviluppate da Novamont con enti e istituzioni nel settore ambientale e, in generale, nel settore scientifico?

Le collaborazioni più significative che abbiamo sviluppato sinora sono state con Coldiretti per la bioraffineria integrata nel territorio, Slow Food per le eco-feste ed Eni per il rilancio della chimica italiana tramite la costituzione di una nuova società, Matrica, che realizzerà un innovativo complesso di Chimica Verde a Porto Torres.

Quale futuro ed evoluzione prevede per la sua attività di ricerca?

Novamont è un modello sperimentale che continua a evolversi nel campo della ricerca e dei modelli di innovazione. Gli ambiti di ricerca riguardano la chimica macromolecolare, la chimica di sintesi tradizionale, la microbiologia, più recentemente le biotecnologie combinate ai processi chimici, l'ingegneria di processo, le tecnologie di trasformazione, gli aspetti agronomici connessi con le colture non-food e con la sperimentazione dei materiali biodegradabili in agricoltura. Oggi la sfida per Novamont è quella di riuscire a diventare un catalizzatore dello sviluppo del Paese in questo settore realizzando completamente il modello di "bioraffineria integrata nel territorio" in partnership con il mondo agricolo, industriale, istituzionale ed accademico. La speranza è che la nostra esperienza sia di supporto anche alla definizione di strategie di sviluppo del nostro Paese nel settore delle materie prime rinnovabili in grado di esprimere un livello di saggezza decisamente più alto rispetto al passato.

Quali sono le condizioni per esprimere adeguatamente il talento di ricercatori e/o imprenditori innovativi e per raggiungere e mantenere un livello di eccellenza nel proprio settore, in Italia?

Occorre puntare fortemente all'innovazione,

Laureata in Chimica nel 1981 all'Università di Perugia, Catia Bastioli assume ben presto la responsabilità di progetti strategici sui materiali biodegradabili da materie prime rinnovabili alla Montedison e quindi al Centro di Ricerca e Tecnologia Ferruzzi. Dal 1991 dirigente di Novamont, società leader nel settore delle plastiche biodegradabili, ne è ora Amministratore Delegato. Inventa le prime bioplastiche biodegradabili e compostabili in poche settimane basate sul Mater-Bi, polimero di origine agricola brevettato e commercializzato da Novamont. Tale scoperta le vale prestigiosi riconoscimenti tra i quali il premio "Inventore Europeo dell'Anno 2007".

alla formazione dei giovani, ma soprattutto a un modello di economia della conoscenza in cui le materie prime non siano dissipate, ma vengano utilizzate con saggezza. È necessario però che università, mondo delle imprese e centri di ricerca collaborino e interagiscano tra di loro. La ricerca scientifica e l'innovazione, rivolte a ottenere prodotti e processi produttivi indirizzati a un sistema di sviluppo più consapevole e meno dissipativo sono i drivers che consentiranno una crescita reale e di lungo periodo del nostro mondo e che ci permetteranno di evolvere in modo competitivo e sostenibile dal punto di vista ambientale. A patto di non rinviare la conversione assumendo al più presto decisioni chiare e soprattutto lungimiranti, che guardano al bene comune invece che al particolare.

Cosa suggerirebbe ad una ragazza interessata alle scienze pure all'inizio del proprio percorso scolastico e formativo?

Il mio invito è sicuramente quello di continuare a perfezionare la propria formazione facendosi trasportare dalla curiosità e dalla passione. Spinte innovative e nuove idee devono arrivare dalle nuove generazioni. Il nostro compito come imprenditori e quello del Paese è di dar loro spazio e "voce".

Cosa suggerirebbe ad una donna interessata alla ricerca nelle scienze pure all'inizio del proprio percorso professionale?

Il mio consiglio è quello affidarsi a nuovi modelli di innovazione che si basino sulla formazione di uomini, gestione di progetti di ricerca complessi; sviluppo di partnership, attiva partecipazione alla definizione di standard di qualità, gestione strategica della proprietà intellettuale, attività culturale, filiere integrate, casi studio. Parlo di un vero laboratorio a tutto campo in cui io stessa ho avuto modo di crescere e di vedere crescere le persone intorno a me e che ha permesso di creare un'esperienza unica a servizio di chi voglia partecipare a questo esperimento di economia di sistema.

Patrizia Cenci