

# IL NUOVO SAGGIATORE

## BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Nuova Serie Anno 30 • N. 5 settembre-ottobre 2014 • N. 6 novembre-dicembre 2014

HANNO COLLABORATO A QUESTO  
NUMERO:

S. Bergia, A. Bettini, S. Centro,  
L. Cifarelli, L. Colombo,  
M. A. Cortelazzo, G. Costa,  
V. de Alfaro, A. Diaspro, M. Durante,  
M. Giorgi, G. Grosso, A. Marzuoli,  
C. Melis, I. Picardi, P. Randaccio,  
R. A. Ricci, D. Rifuggiato, P. Rossi,  
H. Schopper, A. Terrasi

**DIRETTORE RESPONSABILE**  
Luisa Cifarelli

**VICEDIRETTORE**  
Giuseppe Grosso

**COMITATO SCIENTIFICO**  
G. Benedek, A. Bettini,  
P. Cenci, S. Centro, S. Croci,  
E. De Sanctis, S. Falciano,  
F. Ferroni, E. Iarocci,  
I. Ortalli, F. Palmonari,  
P. Picchi, R. A. Ricci

### SOMMARIO

- 3 **EDITORIALE**  
L. Cifarelli
- SCIENZA IN PRIMO PIANO**
- 5 **Fifty years after the astonishing discovery of CP violation**  
M. Giorgi
- 21 **SiGe nanocomposites**  
L. Colombo, C. Melis
- FISICA E...**
- 28 **Particle therapy for cancer and noncancer diseases**  
M. Durante
- PERCORSI**
- 38 **Le lingue di Galileo Galilei**  
M. A. Cortelazzo
- 45 **Circumventing the diffraction limit**  
A. Diaspro
- IL NOSTRO MONDO**
- 52 **Cerimonia Inaugurale 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica**
- 65 **Luci**  
A. Bettini
- 69 **Il Nuovo Cimento 150, 100, 50 anni fa**  
A. Bettini
- News**
- 70 **The Italian Physical Society "Enrico Fermi" Prize and Medal 2014**  
S. Centro
- 72 **SIF-IOP "Giuseppe Occhialini" Prize and Medal 2014**  
G. Grosso
- 73 **Il Premio Nobel per la Fisica 2014**  
G. Grosso
- 74 **Dizionario biografico dei fisici italiani**  
P. Rossi
- 75 **Una sfida, un successo**  
L. Cifarelli
- 76 **Fabiola Gianotti ai vertici del CERN**  
L. Cifarelli
- 76 **Il mentoring: un'opportunità per le donne nella ricerca**  
I. Picardi
- 78 **INTERVISTA A Antonino Zichichi**  
L. Cifarelli
- 80 **RECENSIONI**
- 80 **IN RICORDO DI (\*)**  
**Carlo Ceolin** (G. Costa, R. A. Ricci)  
**Mario Ladu** (P. Randaccio)  
**Emilio Picasso** (H. Schopper)  
**Tullio Regge** (V. de Alfaro)
- 81 **IN EVIDENZA**
- 82 **ANNUNCI**
- 85 **INDICE VOLUME 30**

(\*) Il testo completo è pubblicato online:  
[www.sif.it/attivita/saggiatore/ricordo](http://www.sif.it/attivita/saggiatore/ricordo)

### MODALITÀ DI ISCRIZIONE ALLA SIF

Per iscriversi occorre presentare domanda di associazione con un breve curriculum scientifico e l'indicazione di due Soci presentatori.

La domanda di associazione può essere fatta online (oppure scaricando l'apposito modulo di associazione, pubblicato anche in questo fascicolo) all'indirizzo: <http://www.sif.it/associazione>.

La domanda verrà poi esaminata ed eventualmente approvata dal Consiglio di Presidenza.

Il pagamento della quota sociale, nei modi sotto indicati, dovrà avvenire dopo aver ricevuto comunicazione della accettazione a Socio.

### RINNOVO QUOTE SOCIALI

Il rinnovo della quota sociale può essere effettuato:

- Online nell'Area Soci del sito web della SIF; in questo caso si utilizza la carta di credito, con collegamento diretto e sicuro al sito della Banca Nazionale del Lavoro (BNL).  
*Ricordiamo che l'Area Soci è un'area protetta per accedere alla quale occorre utilizzare username e password che vengono inviati a tutti i Soci. (Per accedere agli altri servizi disponibili nell'Area Soci occorre essere Soci in regola).*
- Seguendo le modalità pubblicate in rete all'indirizzo:  
<http://www.sif.it/associazione>.  
In caso si desideri procedere anche in questo caso con la carta di credito, ricordarsi di usare l'apposito modulo debitamente compilato in tutte le sue parti.
- È anche possibile rinnovare l'associazione alla European Physical Society (EPS) attraverso le rispettive società nazionali. I Soci che desiderano pagare la propria quota di associazione all'EPS tramite la SIF possono farlo con le modalità di cui sopra. Le quote di associazione all'EPS sono pubblicate in ultima pagina e in rete allo stesso indirizzo sopraindicato.

---

### HOW TO BECOME A SIF MEMBER

To apply for membership an application form must be filled in, including a brief scientific curriculum and the signatures of two introducing Members.

The application can be filled in online or downloading the application form at the following address:

<http://en.sif.it/association>.

The application form will be examined and eventually approved by the Council. Applicants will have to pay the membership dues, as indicated in the form, only after having been informed by the Society about the acceptance of their application.

### MEMBERSHIP RENEWAL

Those who wish to renew membership, may pay dues by one of the following terms of payment:

- Online by credit card through direct connection with the bank (BNL). This service can be accessed through the Members Area of the SIF website.  
*We remind you that the Members Area is secured and can be accessed only through the username and password supplied to Members.*
- By cheque or credit card filling the payment form published on the web at the address:  
<http://en.sif.it/association>.  
In case you wish to use the credit card also in this case, make sure to fill in the form in all its parts.
- It is also possible to renew the association to the European Physical Society (EPS) through the respective national societies. Members who wish to pay the EPS association fee through SIF can do so according to the instructions above. The EPS association fees are available on the SIF website at the above-indicated address.

Cari Soci,  
 il 2014 si conclude con una ricorrenza significativa per noi fisici: il 60° anniversario della morte di Enrico Fermi. Di solito non amo celebrare le morti, tuttavia la figura scientifica di Enrico Fermi è talmente importante nel mondo e soprattutto per la comunità dei fisici italiani, per le nostre maggiori istituzioni accademiche e di ricerca e per la Società Italiana di Fisica, che anche questa triste ricorrenza è stata in fondo un'occasione in più per ricordare il grande Fermi e la sua straordinaria vita scientifica che ho potuto brevemente ripercorrere in una mia recente intervista apparsa su *LE SCIENZE* il 28 novembre.

La SIF lo ha ricordato molte volte, con speciali pubblicazioni e celebrazioni nel corso degli anni. È a lui che ha intitolato il suo premio più prestigioso, istituito nel 2001, in occasione del centenario della nascita di Fermi. Lo ha ancora fatto l'anno scorso, nel festeggiare il 60° anniversario della Scuola di Varenna, anche questa a lui intitolata nel 1954. E lo farà nuovamente con una mostra a lui dedicata, che verrà allestita in collaborazione con il Centro Fermi.

Il 2015 prevede invece ben diverse celebrazioni: è l'anno proclamato dalle Nazioni Unite come International Year of Light and Light-based Technologies (IYL 2015). L'iniziativa dell'IYL 2015 si deve alla European Physical Society (EPS), di cui sono stata Presidente per due anni, dal 2011 al 2013. L'UNESCO ha accolto, poi ufficializzato la proposta dell'EPS.

Nel 2011, durante la mia presidenza, John Dudley, Chair della "Quantum Electronics and Optics Division" dell'EPS, mi parlò per primo dell'importanza di una proposta europea di un anno internazionale dedicato alla luce, in un certo senso come risposta alla "LaserFest" del 2010, un anno intero di celebrazioni per il 50° anniversario del laser, promosse e organizzate congiuntamente dalla American Physical Society (APS), l'Optical Society (OSA), dall'International Society for Optics and Photonics (SPIE) e dalla IEEE Photonics Society.

Nel mese di settembre 2011 ho dunque lanciato l'iniziativa dall'Italia, a Varenna, con un simposio internazionale EPS-SIF dal titolo "Passion for Light", in cui erano presenti illustri scienziati ma anche vari personaggi di organizzazioni internazionali come l'UNESCO e non solo. Nel mese di novembre 2011, la proposta di un International Year of Light (IYL) nel 2015 è stata approvata a Londra dall'Assemblea Generale dell'International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP). In ottobre 2012 è arrivata l'approvazione dell'Executive Board dell'UNESCO a Parigi, con il supporto di oltre 30 nazioni tra cui

l'Italia. Finalmente il 20 dicembre 2013 c'è stata la proclamazione dell'IYL 2015 da parte dell'Assemblea Generale dell'ONU a New York. John Dudley è stato il mio successore nel 2013 alla presidenza dell'EPS e attualmente presiede l'International Steering Committee dell'IYL di cui faccio parte anch'io. In un suo recente editoriale, pubblicato su *EPN*, vol. 45, No. 5-6, riassume un po' tutto ciò.

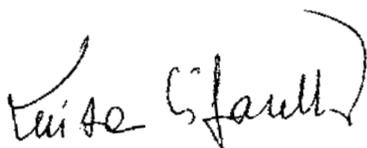
Il 2015 celebrerà tante ricorrenze legate alla luce e ai fondamentali lavori di illustri fisici come Penzias e Wilson, Einstein, Maxwell o Fresnel, per nominarne solo alcuni, andando indietro nel tempo di 50, 100, 150, 200 anni e più.

E la SIF si sta attivando per promuovere la fisica, e i suoi molteplici aspetti applicativi e interdisciplinari, attraverso la luce, in collaborazione con molte altre società e istituzioni scientifiche italiane. Ne abbiamo parlato da mesi su *SIF PRIMA PAGINA* e continueremo a farlo. Il nostro è un invito a tutti per la massima partecipazione all'IYL 2015.

Il 2014 si è concluso positivamente per la SIF. La situazione economica della Società è rimasta sotto controllo, malgrado la crisi del nostro Paese, e le attività scientifiche e culturali sono andate avanti per il meglio. Un inedito e interessante rapporto, commissionato alla Deloitte su "L'impatto della fisica nell'economia italiana", è stato pubblicato. A Varenna, oltre a tre eccellenti corsi dell'International School of Physics Enrico Fermi, si è svolto con grande successo il secondo corso della Joint EPS-SIF International School on Energy. Il 100° Congresso della SIF si è tenuto a Pisa e ha radunato per l'occasione un gran numero di partecipanti. E il 450° anniversario della nascita di Galileo Galilei è stato "grandiosamente" celebrato, come potete leggere anche in vari punti di questo numero de *IL NUOVO SAGGIATORE*.

Sul fronte editoriale, sia per le riviste proprie della SIF sia per quelle a partenariato europeo, la situazione è soddisfacente. *EPJ PLUS*, nel suo quarto anno di esistenza, ha pubblicato tanti interessanti articoli e le aspettative in termini di impact factor per il 2015 sembrano essere buone. Esordisce nel 2015 *IL NUOVO CIMENTO* in open access con aspetti editoriali innovativi, anche dal punto di vista economico. E *IL NUOVO SAGGIATORE* compie trent'anni!

A voi tutti i miei grati e sinceri auguri per un felice 2015.



Dear Members,

2014 ends with a significant event for us physicists: the 60th anniversary of the death of Enrico Fermi, on November 28th. Usually I do not like to celebrate deaths, but the scientific figure of Enrico Fermi is so important worldwide and especially for the community of the Italian physicists, for our major academic and research institutions and for the Italian Physical Society, that this sad anniversary was after all another chance to remember the great Fermi and his extraordinary scientific life that I had the opportunity to briefly recall in a recent interview appeared in *LE SCIENZE* on November 28th.

The SIF has remembered him many times, with special publications and celebrations over the years. It is after him that the Society has named its most prestigious award, established in 2001, on Fermi's 100th birth anniversary. It has still celebrated him last year, on the occasion of the 60th anniversary of the Varenna School, also named after him since 1954. And it will do it again with an exhibition dedicated to him, that will be set up in collaboration with the Centro Fermi.

2015 instead provides very different celebrations: it's the year proclaimed by the United Nations as International Year of Light and Light-based Technologies (IYL 2015). The initiative of the IYL 2015 is due to the European Physical Society (EPS), of which I was President for two years, from 2011 to 2013. UNESCO has officially welcomed, then endorsed the proposal of the EPS.

In 2011, during my presidency, John Dudley, Chair of the "Quantum Electronics and Optics Division" of the EPS, first pointed out to me the importance of a European proposal for an international year dedicated to light, in a sense as a response to the "LaserFest" of 2010, a full year of celebrations for the 50th anniversary of the laser, promoted and organized jointly by the American Physical Society (APS), the Optical Society (OSA), the International Society for Optics and Photonics (SPIE) and the IEEE Photonics Society.

In September 2011, I then launched the initiative from Italy, in Varenna, with an international symposium EPS-SIF titled "Passion for Light", which was attended by eminent scientists but also various characters of international organizations such as UNESCO and more. In November 2011, the proposal for an International Year of Light (IYL) in 2015 was approved in London by the General Assembly of the International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP). In October 2012 came the approval of the Executive Board of UNESCO

## VARENNA - VILLA MONASTERO - LAKE COMO

### INTERNATIONAL SCHOOL OF PHYSICS "ENRICO FERMI"

in Paris, with the support of more than 30 nations including Italy. Finally, on December 20th, 2013 there was the proclamation of the IYL 2015 by the UN General Assembly in New York. John Dudley was my successor as President of EPS in 2013 and currently chairs the International Steering Committee of the IYL to which I belong too. In a recent editorial, published on EPN, vol. 45, N. 5-6, he gives somewhat a summary of all this.

2015 will celebrate many anniversaries related to light and to the works of eminent physicists like Penzias and Wilson, Einstein, Maxwell or Fresnel, to name but a few, going back in time 50, 100, 150, 200 years and more. And the SIF is taking steps to promote physics, and its multiple applications and interdisciplinary aspects, through the light, in collaboration with many other Italian scientific societies and institutions. We talked about it for months on SIF PRIMA PAGINA and will continue to do so. Ours is an invitation to all of you for maximum participation in the IYL 2015.

2014 came to a positive end for the SIF. The economic situation of the Society remained under control, despite the crisis in our Country, and the scientific and cultural activities have been going on for the better. An unprecedented and interesting report commissioned to Deloitte on "The impact of physics on the Italian economy" was published. In Varenna, in addition to three excellent courses of the International School of Physics Enrico Fermi, the second course of the Joint EPS-SIF International School on Energy was held with great success. The 100th Congress of the SIF was held in Pisa and brought together for the occasion a large number of participants. And the 450th anniversary of the birth of Galileo Galilei was "paramountly" celebrated, as you can read in various points of this issue of IL NUOVO SAGGIATORE.

On the editorial front, both for the journals of the SIF and for those in European partnership, the situation is satisfactory. EPJ PLUS, in its fourth year of existence, has published many interesting articles and expectations in terms of impact factor for 2015 seem to be good. IL NUOVO CIMENTO makes its debut in open access in 2015 with innovative editorial aspects, also from an economic standpoint. And IL NUOVO SAGGIATORE turns thirty!

To all of you my grateful and sincere wishes for a happy 2015.

Luisa Cifarelli

#### 193rd Course ∞ 29 June - 7 July 2015 "Soft Matter Self-Assembly"

Directors:

C. LIKOS (University of Vienna)  
F. SCIORTINO (Sapienza Università di Roma)  
P. ZIHERL (University of Ljubljana)

#### 194th Workshop ∞ 9 - 11 July 2015 "Future Research Infrastructures: Challenges and Opportunities"

Directors:

S. BERTOLUCCI (CERN, Geneva)  
L. PALUMBO (Sapienza Università di Roma)

#### 195th Course ∞ 13 - 18 July 2015 "Complex Photonics"

Directors:

F. CAPASSO (Harvard University, Cambridge)  
D. WIERSMA (LENS, Firenze)

20 - 21 July 2015  
"Light & Life"  
Celebration Symposium for the IYL2015



## 101° CONGRESSO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Roma, 21 - 25 settembre 2015

## FIFTY YEARS AFTER THE ASTONISHING DISCOVERY OF CP VIOLATION

MARCELLO GIORGI

INFN, Sezione di Pisa, Pisa, Italy

The  $CP$  violation through the observation of the decay of the long-living neutral kaon  $K_2$  into  $\pi^+ \pi^-$  was unexpected. The separate  $CP$  and  $C$  violations in the weak interaction have been seen in the two famous beta decay experiments: the first in 1956 by C.S. Wu and collaborators with the observation of the space distribution asymmetry of the electrons from  $^{60}\text{Co}$  [1] and the second highly intriguing experiment in 1957 by M. Goldhaber and collaborators with the identification of the neutrino as a particle with assigned value of the helicity opposite to that of the antineutrino [2]. Everything appeared reasonable and  $CPT$  theorem was preserving the  $T$ -invariance, the classical idea that under some conditions the physical processes can be reversed. In the quiet scientific world of the sixth decade of last century the discovery of the  $CP$  violation with the implication of  $T$  violation was like a bomb, the start of a revolution in the way of thinking. But still the adventure is going on.

### 1 The prehistory

The discovery of  $CP$  violation had to wait until 1964. A glance at the prehistory is needed and I will follow the recollection made by Jim Cronin at the topical conference held at Queen Mary, University of London (UK) on the 10 and 11 July 2014 dedicated to the 50th anniversary of the discovery of the violation in the experiment of Brookhaven, remarking the connection between the violation in the decay of the long-living neutral kaons into two pions and the  $K^0 - \bar{K}^0$  mixing mechanism. In his presentation, as part of the prehistory of  $CP$  violation Jim Cronin has presented a page of his notebook (fig. 1), he remembered that in 1954 he was attending a lecture of Gell-Mann at the University of Chicago, where he was graduate student in physics. Gell-Mann was discussing the strange neutral mesons  $\theta^0$  and  $\bar{\theta}^0$ , both decaying into two pions  $\pi^+ \pi^-$  and Enrico Fermi, who was attending the lecture, made the remark that then  $\theta^0$  and  $\bar{\theta}^0$  could not be that different as particle and antiparticle.

The idea of the mixing was rather soon developed and presented one year later with the famous paper of Gell-Mann and Pais [3] in which they discuss the mixing  $\theta^0 - \bar{\theta}^0$  (later  $K^0 - \bar{K}^0$ ).

In the Gell-Mann and Pais description the state that decays into two charged pions is actually a linear combination of  $K^0$  and  $\bar{K}^0$ . The mixing mechanism is well known in physics and its simplest example is given in classic mechanics by the two pendulums constrained to a planar motion and coupled by a spring. The particle-antiparticle

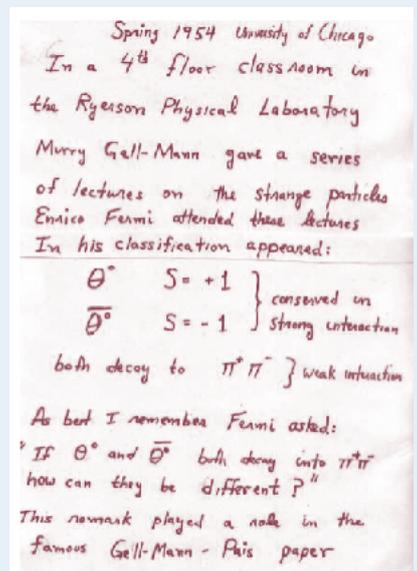


Fig. 1 Copy of the page of the notebook of Jim Cronin.

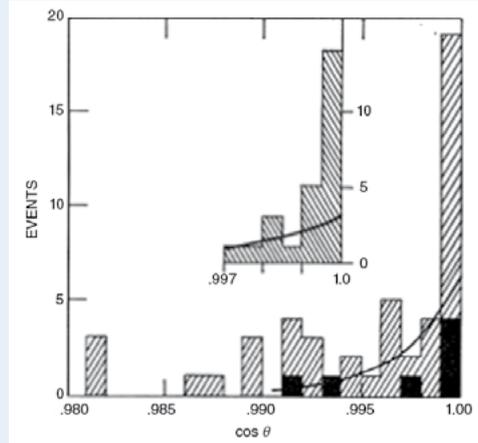


Fig. 2 The positive identification of  $K^0$  the 2-pion state as decay of  $K^0$  in the experiment of Adair *et al.*

mixing formalism is well described in many textbooks [4]. As a short summary of the matter let us remind that the time evolution of the system ( $K^0, \bar{K}^0$ ) or ( $B^0, \bar{B}^0$ ) can be described by a wave function obeying the Schrödinger equation

$$i \frac{d}{dt} |\Psi(t)\rangle = H |\Psi(t)\rangle.$$

$\Psi(t)$  describes the state of weakly decaying particles, that are for example produced in a strong-interaction process at time  $t_0$ , at the time  $t$  ( $t - t_0 \gg \tau_{strong,e.m.}$ , where  $\tau_{strong,e.m.}$  is the typical strong and electromagnetic decay time, then only the weak interaction is contributing to the time evolution of the system) it is a linear combination of  $K^0$  and  $\bar{K}^0$  ( $B^0$  and  $\bar{B}^0$ ) and all possible final states accessible by the weak decay:

$$|\Psi(t)\rangle = a(t) |K^0\rangle + b(t) |\bar{K}^0\rangle + c(t) |\pi^+\nu\rangle + d(t) |2\pi\rangle + \dots,$$

where the initial state at  $t_0 \rightarrow -\infty$  was

$$|\Psi(t_0)\rangle = a |K_0\rangle + b |\bar{K}_0\rangle,$$

with  $a$  or  $b$  equal to 0.

In the time evolution the flavor number (the strangeness for kaons) can change by two or one units. If the decay with  $|\Delta S|$  is neglected and only the mixing between particle and antiparticle is considered, the system  $|\Psi(t)\rangle = a(t) |K_0\rangle + b(t) |\bar{K}_0\rangle$  evolves as

$$i \frac{d}{dt} |\Psi(t)\rangle = H_{eff} |\Psi(t)\rangle$$

with a non-Hermitian effective Hamiltonian that can be represented by a  $2 \times 2$  complex matrix, that can be decomposed into two Hermitian matrices,  $H_{eff} = M - i/2 \Gamma$ , with the easy identification of  $M$  and  $\Gamma$  as mass and decay matrix. The  $H_{eff}$  eigenstates are a linear combination of  $|K_0\rangle$  and  $|\bar{K}_0\rangle$ ,

$$(1) \quad K_{(-),(-)} = \frac{p |K^0\rangle \pm q |\bar{K}^0\rangle}{\sqrt{|p|^2 + |q|^2}}$$

$p$  and  $q$  are related to the off-diagonal terms of the  $H_{eff}$  matrix and  $q = p$  if  $M_{12}$  and  $\Gamma_{12}$  are relatively real, then  $K_{(+)}$  and  $K_{(-)}$  with different masses and lifetimes, become

$$|K_{1,2}\rangle = \frac{|K^0\rangle \pm |\bar{K}^0\rangle}{\sqrt{2}},$$

$CP$  eigenstates with  $CP$  eigenvalues  $\pm 1$ . The mixed state  $K_2$  with  $CP = -1$  has long lifetime, and  $K_1$  with  $CP = +1$  has short lifetime  $B$ , both can decay into pions,  $K_1$  (in the 50's named  $\theta_1$ ) can then decay into  $\pi^+ \pi^-$  ( $CP = +1$ ), while  $K_2$  (or  $\theta_2$ ) could only go into a  $CP$ -odd final state as three pions.

Not too long after the Gell-Mann and Pais paper the decay of the long-living  $\theta_2$  into 3 pions was observed [5]. The mixing mechanism was then confirmed by the observation of the regeneration phenomenon [6], the nuclear absorption and re-emission of kaons that was described in the note of Pais and Piccioni in 1955 [7].

## 2 Look for $K_2$ decay into 2 pions

Rather soon several experiments were started to test the  $CP$  and therefore  $T$  invariance by looking at possible decays of the  $CP = -1$  state  $K_2$  into the  $CP = +1$  final state of 2 pions. In 1961 a Russian experiment came very close to the discovery of  $CP$  violation [8]. In the introduction of their paper the authors write: "... we set an upper limit of 0.3% for the relative probability of the decay of  $K_2^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+$ . Our results on the charge ratio and the degree of the  $2\pi$ -decay forbidness are in agreement with each other and provide no indications that time reversal invariance fails in  $K^0$  decay". Once again  $CP$  invariance and, because of  $CPT$  theorem, the  $T$ -invariance were preserved!

On the other hand in Brookhaven Adair, Chinowsky and collaborators observed an excess of decays into 2 pions coming from the decay line of  $K_2$  and from kaon decay (fig. 2) Their interpretation of the result was an anomalous

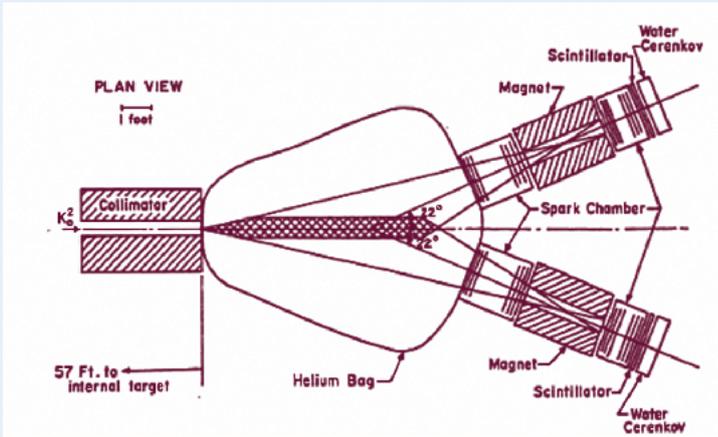


Fig. 3 The layout of the 1964 experiment of Cronin *et al.*

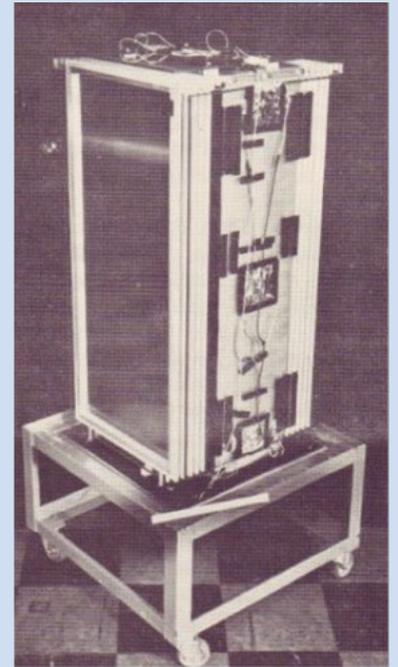


Fig. 4 The image of a Princeton thin foil spark chamber as used in the CP violation experiment to reconstruct the momenta of the 2 charged pions.

regeneration of  $K_1$  [9], compatible with a  $K_1^0$  production: "... by coherent regeneration resulting from a new weak long-range interaction...".

Eventually in 1963 a new proposal, signed by Jim Cronin, Val Fitch and René Turlay, was presented for an experiment at Brookhaven to measure the 2-pion decay of the long-living neutral kaons. The authors propose a more precise experiment to check the results of Adair *et al.* and possibly look at the decay of  $K_2^0 \rightarrow \pi^- \pi^+$ . The proposed apparatus was designed in such a way (the use of the helium bag...) to reduce  $K_1^0$  regeneration.

The document was dated 10 April and the result was published one year after. Figure 3 shows the layout of the experimental apparatus, where a polythene bag filled with helium was positioned along the  $K_2^0$  decay line. The reconstruction of the pion momenta was allowed by the use of thin foil spark chambers built at Princeton, fig. 4.

The analysis of data produced the amazing result that is illustrated in fig. 5. It was the long-living  $K^0$  that was decaying into two pions, therefore it could not be a CP eigenstate as expected if the kaons with the long and short lifetimes,  $K_L$  and  $K_S$ , were identically  $K_2$  and  $K_1$ :

$$|K_{L,S}\rangle = \frac{p|K^0\rangle \pm q|\bar{K}^0\rangle}{\sqrt{|p|^2 + |q|^2}} = \frac{|K^0\rangle \pm \frac{q}{p}|\bar{K}^0\rangle}{\sqrt{1 + \left|\frac{q}{p}\right|^2}}$$

with  $p \neq q$  and

$$|K_{L,S}\rangle = \frac{|K_2^0\rangle \pm \epsilon|\bar{K}_1^0\rangle}{\sqrt{1 + |\epsilon|^2}}, \text{ where } \epsilon = \frac{p+q}{p}.$$

The authors then published the paper announcing the evidence of the CP violation in kaon decay [10] reaching the following conclusions:

"We would conclude therefore that  $K_2^0$  decays to two pions with a branching ratio  $R = (K_2 - \pi^+ + \pi^-)/(K_2^0 - \text{all charged modes}) = (2.0 \pm 0.4) \times 10^{-3}$  where the error is the standard deviation."

The news of this discovery raised immediately great interest, surprise and even some subtle concern about its implications inside the scientific community and as a consequence it was the start of a widespread discussion.

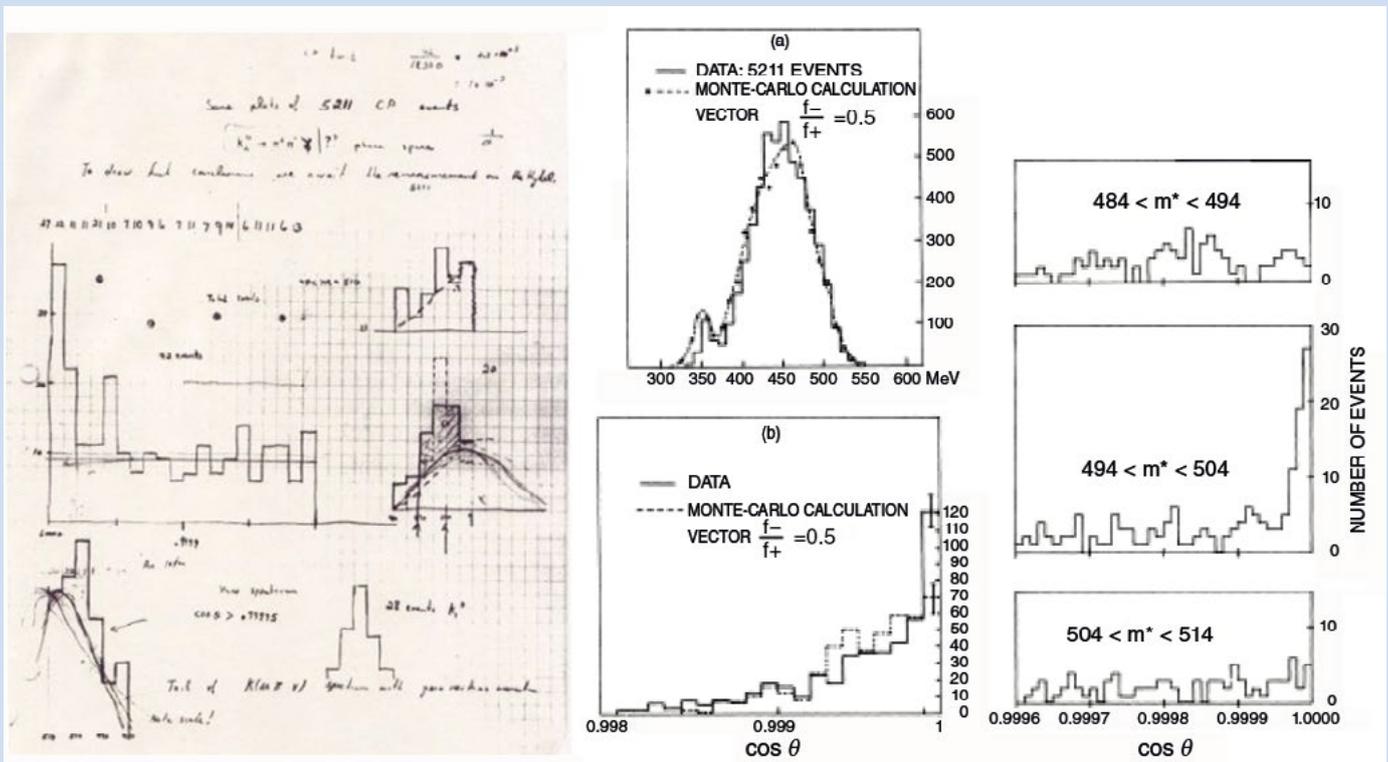


Fig. 5 On the left-hand side of the figure is a page of the original analysis book. The 2 plots on the right-hand side are from the discovery paper, they show clearly that the momentum of the system of the two pions contributing to the invariant mass in the region of the  $K^0$  mass have the same direction of the beam, they cannot simply be 2 of the 3 pions from the expected  $K_L$  decay.

### 3 The Galileo Galilei meeting in Pisa

In September of 1964 an international meeting was organized by Gilberto Bernardini (at that time Director of the Scuola Normale Superiore) in Pisa, the birthplace of Galileo Galilei, to celebrate the 4 hundredth anniversary of his birth [11]. This meeting on “Filosofia naturale, oggi” was well attended and  $CP$  violation discovery was the hot matter of discussion.

In the first talk given by Bruno Zumino, Geometries and Space-Time Symmetries, the speaker pointed out the relevance of the recent discovery of  $CP$  violation with its strong implication of the violation of the Time Reversal invariance: “The observation in the recent experiment of Christenson, Cronin, Fitch and Turlay of the decay  $K^0_S \rightarrow 2\pi$  leads us to question the validity of  $CP$  violation.

If we believe the  $TCP$  theorem,  $CP$  violation implies  $T$  violation. Should one then make the natural further step and question more basic symmetries as well, such as Lorentz invariance?...”

Zumino presented that an obvious consequence of such a discovery was that Weak Interaction is not conserving  $CP$  invariance. The revision of the current thinking about

$CP(T)$  invariance was somehow not easy to digest for quite many members of the audience. Richard Feynman in his contribution to the discussion that followed the talk of Zumino made then a relevant remark about the attitude of scientists: “The question came up as to why we do not like the  $CP$  violation and how Weisskopf’s heart is affected by the question of Lorentz invariance, and I think both of these questions stem from a different point of view about Physics than I have. I think the job of theoretical physicists is to make predictions. In order to make predictions you cannot be sure – you must extend something which has been demonstrated, otherwise there is not any physics. When you do that you may feel uncomfortable with butterflies in the stomach, but that is what physics is, that is the courage of it. And so why is it that we are surprised about the  $CP$ , and why do we feel about the  $CP$  as we thought we had a law – that  $CP$  would be conserved? Let me put it a little bit differently. Would you have predicted the result of this experiment? No. Therefore you are surprised. And therefore you feel uncomfortable because it shows that as a theoretical physicist you do not know how the world ought to work”.

#### 4 It was indeed the decay $K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-$

The discovery was then confirmed by a subsequent experiment of Val Fitch at Brookhaven [12]. The  $CP$  violation in mixing was in fact explained by expressing the long-living state as  $K_L = K_2 + \varepsilon K_1$ , but in the presence of regeneration the decaying state becomes  $\Psi = K_2 + (\varepsilon + A_r) K_1$ , where  $A_r$  is the forward regeneration amplitude and it is  $A_r \propto (1/2) (\bar{f}(0) - f(0))$ .  $\bar{f}(0)$  and  $f(0)$  are the amplitudes for the  $\bar{K}^0$  and  $K^0$  forward scattering. The rate of expected  $\pi^+ \pi^-$  events in a  $K_L$  line equipped with a regenerator is then expected to be proportional to  $|(\varepsilon + A_r)|^2$  showing the effect of coherent interference. This Fitch experiment gave the proof of this constructive interference effect.  $\pi^+ \pi^-$  from  $K_L$  decay interfere with  $\pi^+ \pi^-$  from the regenerated  $K_S$  and this was a further proof of the decay of  $K_L$  into two pions. Such an important result was confirmed one year later by another experiment carried out at PS by a CERN group [13]. In fig. 6 the plot from the experiment of Carithers *et al.* published in 1975 [14] is presented, where it is clearly shown the effect of the interference between the  $CP$ -violating  $K_L$  decay into two pions and the decay into the same final state of  $K_S$  produced via nuclear regeneration.

#### 5 A new SuperWeak interaction responsible for $CP$ violation?

Soon after the publication of the astonishing result of the Brookhaven experiment several models were built by theorists to explain  $CP$  violation, one of the most popular was based on the hypothesis of the existence of a SuperWeak interaction capable of mixing  $\bar{K}^0$  with a fraction of  $K^0$  then allowing transitions  $\Delta s = 2$ . In this model proposed by Wolfenstein [15] the only visible  $CP$  violation in  $K_L$  decay of the order  $O(\varepsilon)$  is in the mixing, therefore other kinds of violation and outside the  $K$  sector are excluded. T. T. Wu and C. N. Yang published in the same year a phenomenological analysis [16] of the  $CP$  violation in  $K^0$ . In this paper they compare the  $K_S$  and  $K_L$  decays to  $\pi^+ \pi^-$  and to  $\pi^0 \pi^0$ .

Since " $|\Delta I| = 1/2$  rule is well verified in general and for the decay of  $K_0 \rightarrow \pi\pi$  in particular", the ratio between the amplitudes corresponding to a final 2-pion isospin=2,  $A_2$ , and the amplitude for isospin=0,  $A_0$ , should be  $|A_2/A_0| \ll 1$ . By writing the amplitudes  $a_{+-}^{S/L}$  and  $a_{00}^{S/L}$  for the  $K_S$  and  $K_L$  decays to  $\pi^+ \pi^-$  and to  $\pi^0 \pi^0$  and using the  $p$  and  $q$  complex coefficients of the mixing formula (see eq. (1)) and  $\delta_0$  and  $\delta_2$ , the strong phases corresponding to  $l = 0$  and  $l = 2$ , one can define the ratios

$$\eta_{+-} = \frac{a_{+-}^L}{a_{+-}^S} = \frac{1}{2} \left[ \varepsilon + \sqrt{2} i e^{i(\delta_2 - \delta_0)} \text{Im} \frac{A_2}{A_0} \right] = \varepsilon + \varepsilon'$$

and

$$\eta_{00} = \frac{a_{00}^L}{a_{00}^S} = \frac{1}{2} \left[ \varepsilon - 2\sqrt{2} i e^{i(\delta_2 - \delta_0)} \text{Im} \frac{A_2}{A_0} \right] = \varepsilon - 2\varepsilon'.$$

It is clear that, if the amplitudes  $A_2$  and  $A_0$  are relatively real, then the only source of violation lies on the mixing mechanism and the only violation parameter is  $\varepsilon = (p + q)/q$  as implied in the SuperWeak hypothesis, on the other hand if  $CP$  violation could also come from the interference between the decay (weak)  $CP$ -violating amplitude and a  $CP$ -conserving amplitude,  $\varepsilon' \neq 0$  would be expected, then a mechanism of "Direct  $CP$  violation" established and the SuperWeak hypothesis would have been ruled out.

In particular if  $\varepsilon' \gg \varepsilon$ , then  $|\eta_{00}/\eta_{+-}| = 2$  and if  $\varepsilon'/\varepsilon$  is small

$$\text{Re} \left( \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right) = \frac{1}{6} \left( 1 - \left| \frac{\eta_{00}}{\eta_{+-}} \right|^2 \right).$$

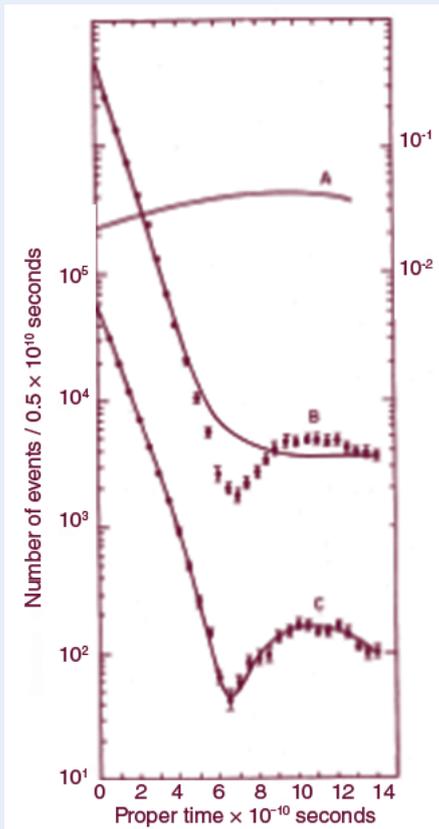


Fig. 6 The curve A is the MonteCarlo evaluation of efficiency,  $O(10^{-2})$ , in the Carithers *et al.* experiment for K beam with momenta between 5 and 6 GeV/c. The curve B contains the data corrected for efficiency and summed over K momenta, the smooth curve is the expected intensity without  $K_L$ - $K_S$  interference. The curve C contains data uncorrected for  $5 < P_K < 6$  GeV/c, the smooth curve is the fit to the data.

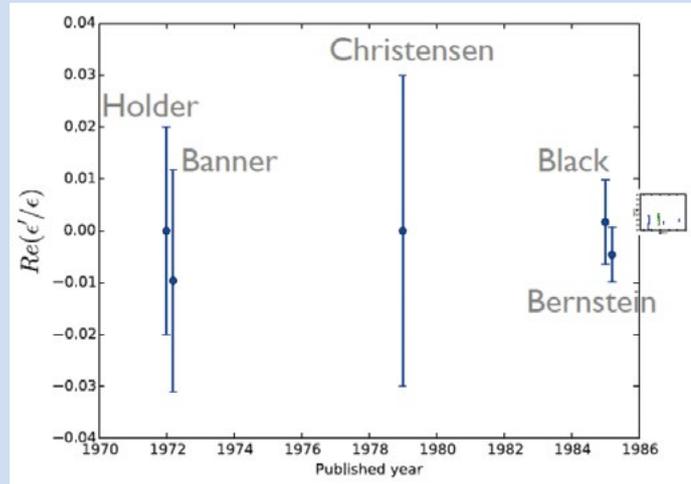


Fig. 7 The results on  $\epsilon'/\epsilon$  before the new experiments at CERN and Fermilab.

The breakthrough in understanding  $CP$  violation within the Standard Model came in 1973, when M. Kobayashi and T. Maskawa published a paper [17] with a different point of view.

The Standard Model allows a successful description of the decay mechanism of heavy quarks mediated by the W and Z bosons. The charge current describing the interaction responsible for the decays could be described in terms of quark states as

$$J_{ch}^\mu = (\bar{u}\bar{c}\bar{t})\gamma^\mu(1-\gamma_5)\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix},$$

where the  $q'$  fields are different from quark  $q$  fields of down-quarks.

Nicola Cabibbo considering the first two quark families had expressed  $q'$  in terms of fields  $q$  corresponding to the mass eigenstates [17] by means of a transformation (Unitary) represented by the rotation matrix in 2 dimensions with one real parameter, the Cabibbo angle  $\theta_c$ . In the presence of 3 quarks families the flavor mixing is described by the complex  $3 \times 3$  matrix introduced by Kobayashi and Maskawa [18] and usually referred to as Cabibbo-Kobayashi-Maskawa matrix or CKM. This contains only 4 independent parameters instead of 18, as the result of the imposition of the unitarity condition and with the re-definition in an appropriate way of the arbitrary phases of the six quarks fields. Three of these parameters can be identified as Euler's angles of a 3-dimensional rotation and the fourth as a phase that cannot be cancelled:

$$V = \begin{pmatrix} V_{us} & V_{ub} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{1}{2}\lambda^2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1 - \frac{1}{2}\lambda^2 & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix} + O(\lambda^4),$$

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix}_L = V \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}_L.$$

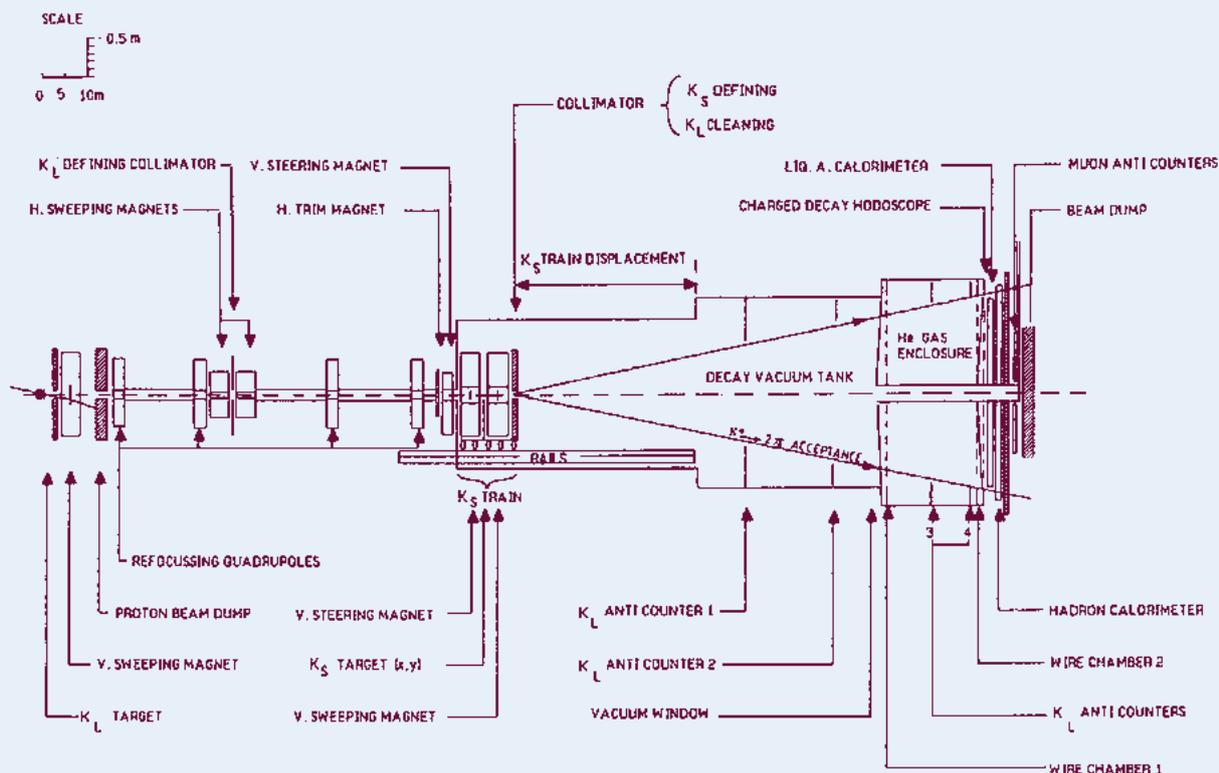


Fig. 8 Schematics of the experiment NA31 at CERN.

In the above parameterization due to Wolfenstein, the parameters are  $A, \lambda, \rho$  and  $\eta$ . The parameter  $\eta$  contributes to the imaginary part of  $V_{ub}$  and  $V_{tb}$  and allows  $CP$  violation,  $\lambda$  is  $\sin \theta_C$ . The values of these 4 real parameters are related to experimental measurements.

The Unitarity condition for  $V: V^\dagger V = V V^\dagger = I$  gives 6 relations involving the  $V$  matrix elements as for example  $V_{ud} V_{ub}^* + V_{cd} V_{cb}^* + V_{td} V_{tb}^* = 0$ , the 3 terms of the summation are of the same order  $O(\lambda^3)$ , this relation can be represented as a triangle in a complex plane. CKM is fully compatible with the observed indirect  $CP$  violation in mixing for the decays  $K^0 \rightarrow \pi\pi$ , it allows for direct CPV as ( $\epsilon'/\epsilon \neq 0$ ) and for many observables related to CPV asymmetries in B decays.

## 6 Experimental search for $\eta_{00}$

The measurements of  $\eta_{00}$  presented problems, not easy to deal with in the sixties/seventies, as measuring with high precision 4 photons for a low level of uncertainties in the  $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$  decay, a good control of unwanted regeneration, a very clean and highly intense and collimated  $K^0$  beam.

At the beginning particle detectors and beam technologies were inadequate to the task, so the first attempts failed to reach the precision needed to see any significant difference from 1 of the  $\eta_{00}/\eta_{+-}$  ratio.

After an initial period, when the results were rather poor [19], more precise experiments on the ratio  $|\eta_{00}/\eta_{+-}|$  were made after 1970, but still with no evidence for  $CP$  violation

outside the mixing mechanism. In an experiment at CERN [20] according to the authors "...the ratio  $|\eta_{00}/\eta_{+-}|$  between the parameters  $\eta_{00} = A(K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0)/A(K_S \rightarrow \pi^0 \pi^0)$  and  $\eta_{+-} = A(K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-)/A(K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-)$  has been measured. The result  $|\eta_{00}/\eta_{+-}| = 1.0 \pm 0.06$  is in good agreement with the prediction  $|\eta_{00}| = |\eta_{+-}|$  of a number of models, for which the  $CP$  violation in the  $2\pi$  channel is independent of the isospin of the final state".

A similar result was found by J. Cronin and collaborators at Brookhaven [21]  $|\eta_{00}|/|\eta_{+-}| = 1.03 \pm 0.07$ . Two new experiments with higher statistics were carried out in 1985 at Fermilab and at Brookhaven. The result of the Chicago-Saclay Collaboration [22] at Fermilab was  $\epsilon'/\epsilon = -0.0046 \pm 0.0053 \pm 0.0024$ , while the Brookhaven experiment gave  $\epsilon'/\epsilon = 0.0017 \pm 0.0082$ . The experimental results between 1972 and 1985 are summarized in fig. 7.

It was clear that a new generation was needed based on higher beam intensity and a new and powerful data acquisition system to achieve a significant improvement of the statistical errors but also new experimental concepts for a better control of all systematics. The presence of 4 gammas in the final state requires in fact good photon detection, a good control of the decay position of  $K_S$  and  $K_L$  (dimensional scale) and a precise knowledge of the acceptance for the two decays are also needed. NA31 (see fig. 8) at CERN and E731 (see fig. 9) at Fermilab belong to this class of new-generation experiments.

These two experiments although conceptually different

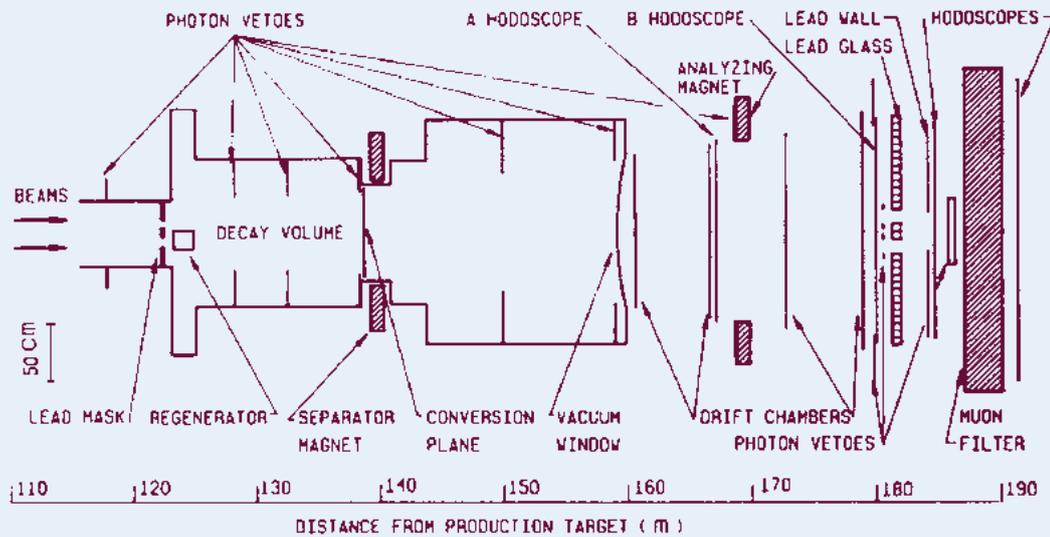


Fig. 9 Schematics of the experiment E731 at FNAL.

present some commonalities. Both had highly performing calorimeters; NA31 had a liquid-argon sampling calorimeter, a precise tracking system and a hadron calorimeter for positive-charged pion identification, but no magnetic field. E731 had a lead glass calorimeter with high segmentation, magnetic field, a good veto system and regenerators. Both had a good identification of the events, and the  $\pi^0\pi^0$  reconstruction and the control of the geometry acceptance were much better than the previous experiments. The experimental results gave for E731 [23]  $\text{Re}(\epsilon'/\epsilon) = (7.4 \pm 6.0) \cdot 10^{-4}$ , that was not disproving the Wolfenstein SuperWeak model, while NA31 [24] published  $\text{Re}(\epsilon'/\epsilon) = (23.0 \pm 6.5) \cdot 10^{-4}$  that still only at the level of  $2.7 \sigma$  was instead inconsistent with SuperWeak hypothesis. Then in 1996 the experimental knowledge of the matter was still quite unsatisfactory, a further evolution of the experiments was needed. A substantial upgrade of the existing experiments was started, at Fermilab moving from E731 to KTeV and at CERN (fig. 10 and fig. 11) from NA31 to NA48. These new experiments were equipped with even better calorimetry for electromagnetic showers, with improved tracking systems and new and better-performing data acquisition techniques. All together those changes allowed a more effective control of the systematic uncertainties. The experimental approach remained the measurement of the double ratio  $R$  as in NA31 at CERN and in E731 at Fermilab. The statistics collected by both experiments was now very high, allowing the collection of at least  $10^6$   $K_L \rightarrow \pi^0\pi^0$  decays to achieve an accuracy of

$2 \cdot 10^{-4}$  on  $\epsilon'/\epsilon$ .

The the final NA48 result (2002) [25] after 3 years of data taking was  $\text{Re}(\epsilon'/\epsilon) = (14.7 \pm 2.2) \cdot 10^{-4}$ . KTeV published [26, 27]  $\text{Re}(\epsilon'/\epsilon) = (19.2 \pm 2.1) \cdot 10^{-4}$  and the SuperWeak hypothesis was definitely ruled out by about  $9 \sigma$  (fig. 12).

## 7 The validation of CKM

The discovery of direct  $CP$  violation by NA48 and KTeV killed the Super Weak hypothesis, but was not the proof of the validity of the CKM paradigm inside the Standard Model and such a validation could only come by the determination of the parameters of the CKM matrix, derived from the measurement of many  $CP$ -violating asymmetries and rare decays. CKM has received its strongest support by the measurements on B mesons, with the major contribution of the experiments at the B Factories. The asymmetries and the branching fractions of the accessible B decays allowed the determination of sides and angles of one of the triangles that can be built by imposing the Unitarity. The triangle chosen as mentioned above in section 5 is the only one with all three sides of the same order of magnitude  $O(\lambda^3)$  (fig. 13).

The determination of the sides, by measuring branching fractions of B decays, is also affected by theoretical uncertainties due to the long-range effects. Before discussing the experimental methods let us remind that in the B decays three different modes of  $CP$  violation could be in principle studied (fig. 14).

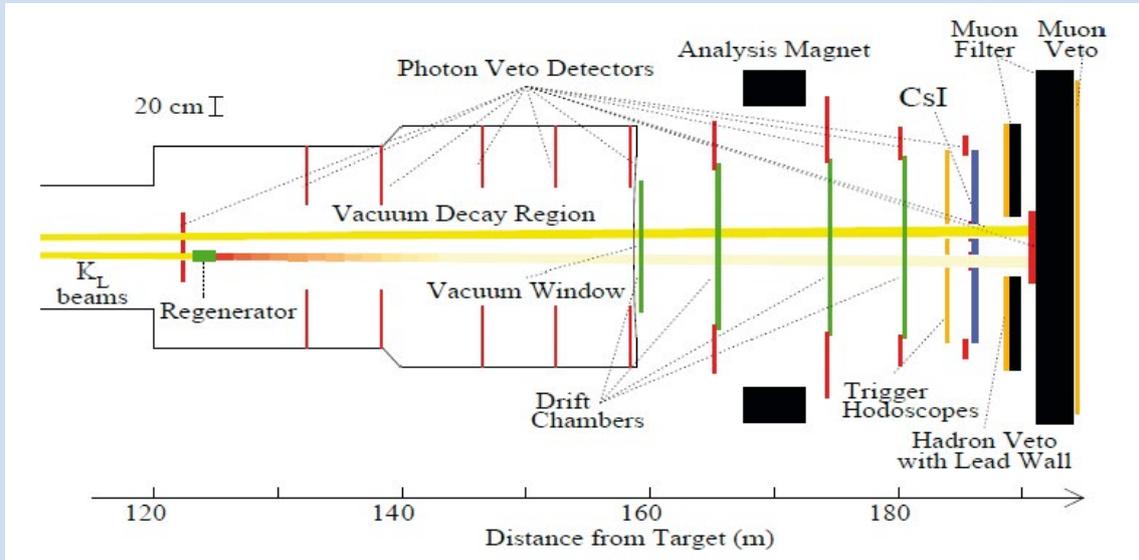


Fig. 10 The Fermilab experiment had changed substantially the calorimeter from 800 Lead Glass Cherenkov counters to 3160 CsI scintillator crystals with full containment of the photon showers, still maintained the regenerator for K's production.

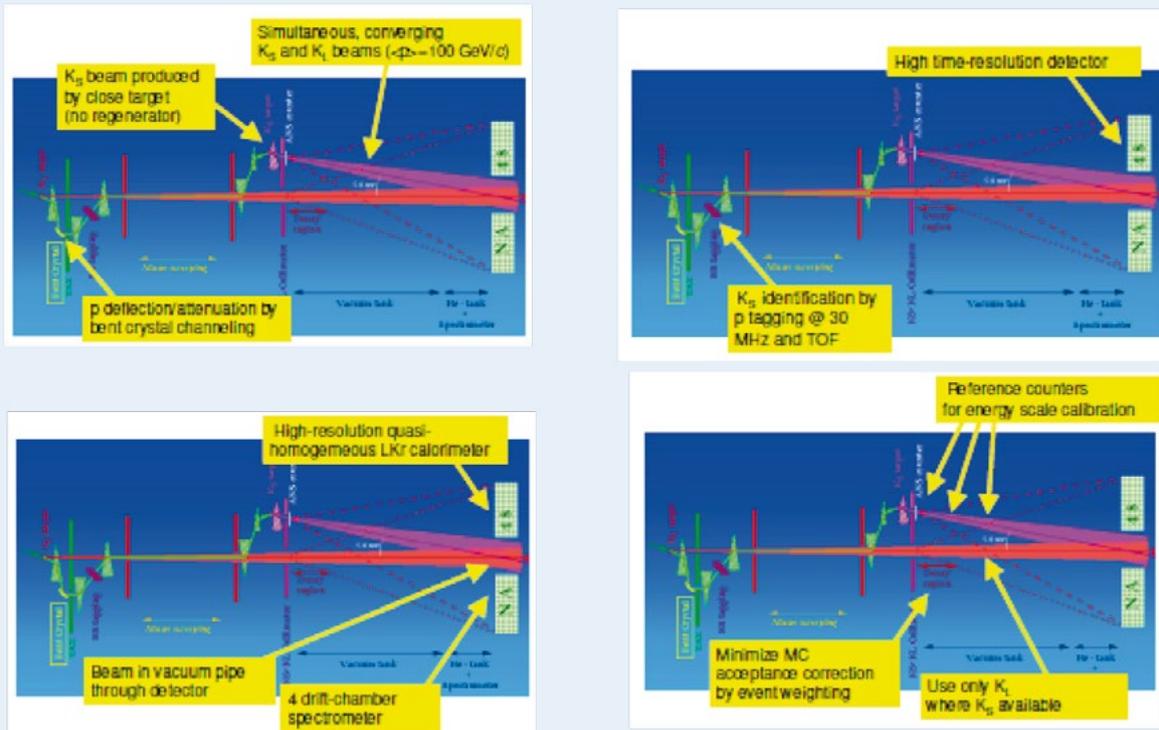


Fig. 11 The new concepts going from NA31 to the new experiment NA48 at CERN from top left (beam), top right (detector), to bottom left (K tagging) and bottom right (control of systematics) are sketched the main features of the experiment. The main improvements have been: on beam the simultaneous convergence on the same geometrical acceptance, on detector the introduction of a magnetic field for measuring the momenta of charged particles and the use of a new quasi-homogeneous liquid krypton e.m. calorimeter, on tagging the production and tagging of  $K_S$  in a fixed position highly performing, on systematics the minimization of Monte Carlo corrections and a good scale calibration.

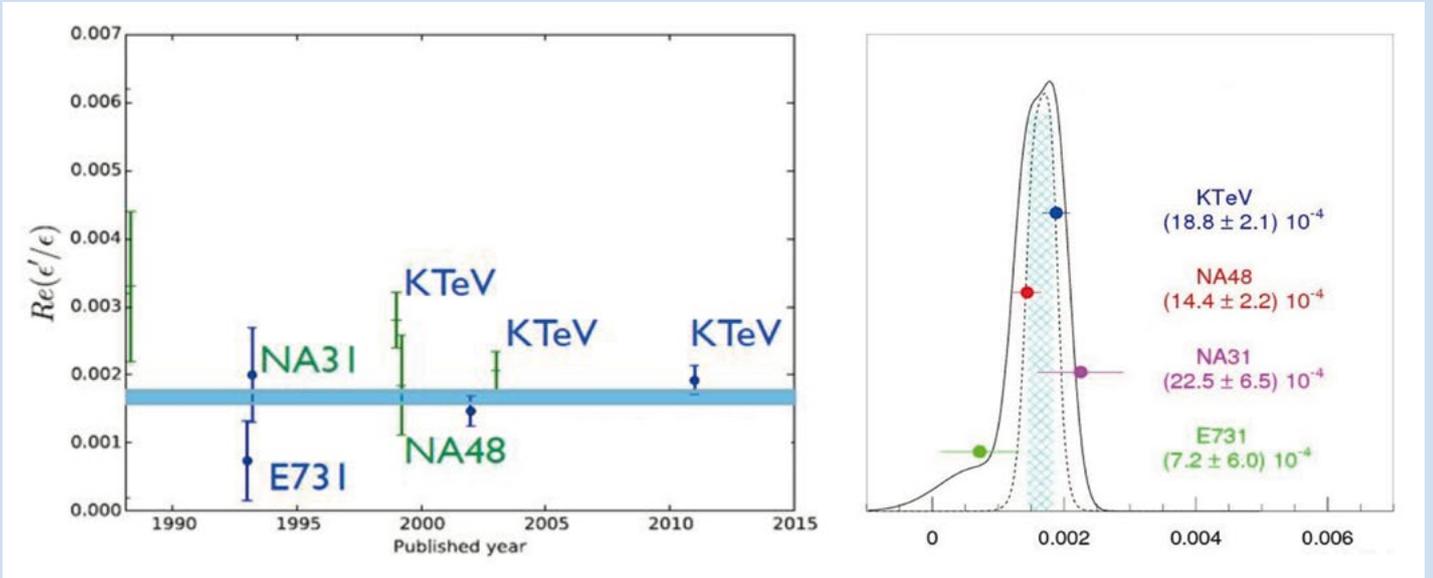


Fig. 12 On the left are reported the results from CERN and Fermilab experiments up to 2010, on the right the combined data of NA31, E731, NA48 and KTeV giving the PDG average  $\text{Re}(\epsilon'/\epsilon) = (16.4 \pm 1.9) \cdot 10^{-4}$ .

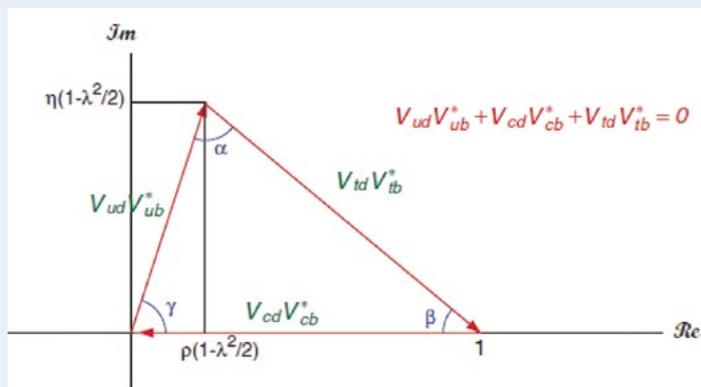


Fig. 13 In the Unitarity Triangle represented in the  $(\rho, \eta)$ -plane the quantity  $\sin(2\beta)$  could be extracted in a rather clean way and with a good precision by the measurement of a time-dependent  $CP$  violation asymmetry. The other 2 angles can be measured with higher uncertainties and their determination implies theoretical corrections.

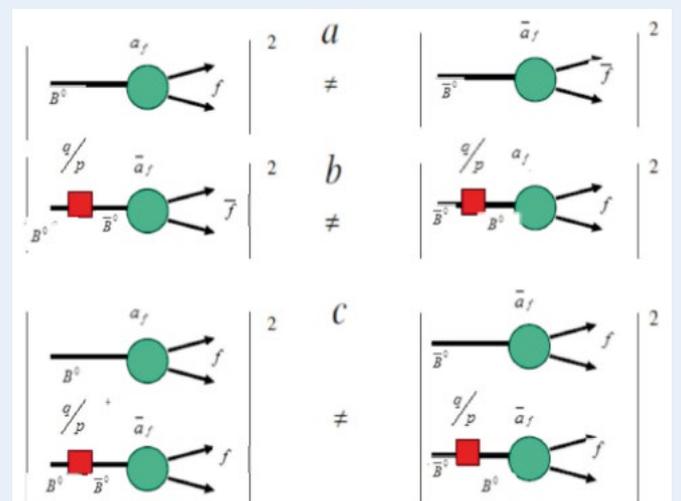


Fig. 14 A pictorial illustration of these 3 ways to  $CP$ -violation in B decay.

1. **Direct CP violation.** The probability of the state  $B^0$  going into a final state  $f$  is different from the probability that the CP conjugate state  $\bar{B}^0$  goes into the CP conjugate state  $\bar{f}$ , then  $|a_f/\bar{a}_{\bar{f}}| \neq 1$  in the asymmetry

$$A_{CP} = \frac{\Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow \bar{f}) - \Gamma(B^0 \rightarrow f)}{\Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow \bar{f}) + \Gamma(B^0 \rightarrow f)}$$

charged and neutral states are involved.

2. **Violation in the mixing** as in the 1964  $K_L$  experiment of Brookhaven. It can be seen in  $B_d$  decays by measuring the di-lepton asymmetry

$$A_{CP,T} = \frac{N(\ell^-\ell^-) - N(\ell^+\ell^+)}{N(\ell^-\ell^-) + N(\ell^+\ell^+)} \approx \frac{1 - \left|\frac{q}{p}\right|^4}{1 + \left|\frac{q}{p}\right|^4}.$$

3. **Violation in the interference between mixing and decay amplitudes** when both  $B^0$  and  $\bar{B}^0$  decay into the same final CP eigenstate (asymmetries are measured by comparing the decay times of  $B^0$  and  $\bar{B}^0$  (in this case only neutral states involved).

The third case (3) the observable is a time-dependent asymmetry directly related to the measurement of angles of the Unitarity Triangle.

The amplitude for the process is  $B_d \rightarrow f$  is  $a_f$  and the quantity involved in the CP violation asymmetry is  $\lambda_{CP} = \eta_{CP}((q/p)(\bar{a}_f/a_f))$ , where  $\eta_{CP}$  is the eigenvalue of the final state  $f$ .

The time-dependent asymmetry takes into account the mixing as a function of time (the flavor oscillation).

$$A_{f_{CP}}(t) = \frac{\Gamma(\bar{B}_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP}) - \Gamma(B_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP})}{\Gamma(\bar{B}_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP}) + \Gamma(B_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP})}.$$

The asymmetry is then

$$A_{CP} = -C_{f_{CP}} \cos(\Delta mt) + S_{f_{CP}} \sin(\Delta mt),$$

with

$$C_{f_{CP}} = \frac{1 - |\lambda_{f_{CP}}|^2}{1 + |\lambda_{f_{CP}}|^2}$$

and

$$S_{f_{CP}} = \frac{2\text{Im}\lambda_{f_{CP}}}{1 + |\lambda_{f_{CP}}|^2}.$$

$C_{f_{CP}} \neq 0$  implies "Direct CP violation", while  $S_{f_{CP}}$  is related to the angles of the Unitarity Triangle.

The asymmetry in the decay  $B_d \rightarrow J/\Psi K_s$  ( $\eta_{CP} = +1$ ) allows the measurement of  $S_{f_{CP}} = \sin(2\beta)$ . This measurement was rather difficult at hadron machines where the large production cross section of B mesons is associated with a huge hadronic background. The construction of a new kind of accelerators: the high-luminosity  $e^+e^-$  asymmetric colliders (B Factories) allowed a clean experimental environment. This kind of machines in association with modern apparatuses equipped with high-performance detectors (namely high-precision silicon vertex trackers) allowed eventually to measure with good precision the time-dependent CP violation asymmetries. The 2 neutral B's produced a particle-antiparticle in the  $e^+e^-$  annihilation at the energy corresponding to the production of the  $Y(4s)$  resonance (bottomonium) are almost at threshold and since they are pseudoscalar bosons, from the decay of the pseudovector resonance, they should maintain during their time evolution (including mixing) their initial orthogonality (they mix in a coherent way), if one meson at the instant  $t$  is  $B^0$ , then the other must be  $\bar{B}^0$ . The ingredients needed to build the asymmetry are:

- a. The identification as  $B^0$  or  $\bar{B}^0$ , through flavor tagging, of the meson that has decayed in the final CP eigenstate  $f_{CP}$ ;
- b. the measurement the decay time of B mesons or at least the time elapsed between the two meson decays.

To satisfy the requirement a) the information about the orthogonal character of the two mesons is used and the flavour of the particle decayed into  $f_{CP}$  at time  $t_0$  is correlated to the flavour of the other B that decays at time  $t_1$ , whose flavour is identified by the sign of the lepton in the semileptonic decays or by the sign of the kaon coming from the decay chain  $b \rightarrow c$  followed by  $c \rightarrow s$ .

To satisfy the requirement b) two ingredients of the same level of relevance are needed: a very precise vertex detector in order to identify the production point and to measure the space separation of the two decay vertices of  $B^0$  and  $\bar{B}^0$ , that are produced substantially at rest in the decay of  $Y(4s)$ , so in the rest frame of  $Y(4s)$  the decay points are not distinguishable from the production point. The Lorentz boost of the  $Y(4s)$  to get a reasonable space separation is achievable with a asymmetric  $e^+e^-$  collider with different energy beams (figs. 15 and 16). A high-precision silicon Vertex Detector as in fig. 17, was then able to give the vertex reconstruction with a precision higher than 100  $\mu\text{m}$ .

In the nineties 2 such asymmetric B Factories had been

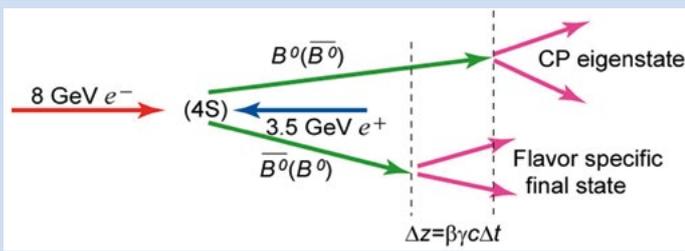


Fig. 15 A scheme of the experiment at an asymmetric B Factory, the energies in the figure are those of PEP-II. The principal ingredients of the time-dependent approach to the measurement of  $CP$  violation with the interference between mixing and decay amplitudes are shown in a pictorial way in fig. 16, for the Lorentz boost of 0.55 as in BABAR.



Fig. 17 The BABAR silicon vertex detector made of 5 layers of double-sided strip detector. The shape, lamp-shade-like, allowed a good geometrical acceptance. The sensors were fully designed including the production parameters in the INFN laboratory of Pisa and built full custom in a small foundry.

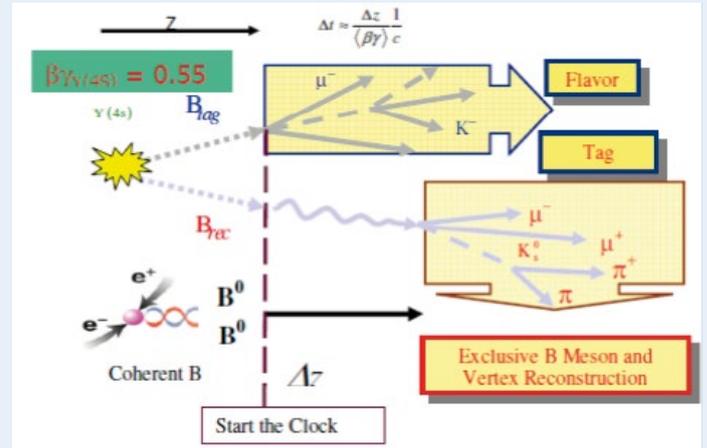


Fig. 16 The schematic view of the time-dependent approach to the measurement of  $CP$  violation through the interference between mixing and decay amplitudes of B mesons used for measuring the angle  $\beta$  of the Unitarity Triangle.

built, one in the US at SLAC, PEP-II collider, and the other in Japan at KEK, the factory KEKB. Both were performing incredibly well delivering more luminosity than expected at the project level.

The experiments BABAR at PEP-II and BELLE at KEKB have been highly successful both have collected with high efficiency the events produced by the colliders that run with unprecedented luminosities since the start of operations (fig. 18).

Both the experiments, after the announcement, made at the 2001 Lepton Photon Symposium in Rome, of the evidence for  $CP$  violation in the decay of  $B_d$  to the final  $CP$  eigenstate  $J/\Psi K_S$  published the results of the measurement in 2002 [28]. Both decay channels have been measured with final state  $J/\Psi K_S$  ( $CP$  eigenstate with  $\eta_{CP} = +1$ ) and  $J/\Psi K_L$  ( $CP$  eigenstate with  $\eta_{CP} = -1$ )

The study of the huge sample of data collected by BABAR and BELLE, more than  $10^9 B^0 \bar{B}^0$  pairs, allowed the precise determination of  $\sin(2\beta)$ . In addition the study of a large number of decay channels, allowed for the measurement, although with larger systematic uncertainties, of the sides and of the other angles of the Unitarity Triangle. This

systematic study allowed the extraction with good accuracy of  $\cos(2\beta)$ , then the measurement of the angle  $\beta = 28.4 \pm 0.8^\circ$ . In fig. 19 the  $CP$  asymmetries as a function of time are shown together with the fit on the angle  $\beta$  as performed with all data by the averaging group HFAG.

In the summer 2004 BABAR with the analysis of a sample of 227 millions of  $B^0 \bar{B}^0$  pairs published the value of the asymmetry

$$A_{CP} = \frac{\Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow \bar{f}) - \Gamma(B^0 \rightarrow f)}{\Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow \bar{f}) + \Gamma(B^0 \rightarrow f)}$$

with  $f = K^-\pi^+$  and  $\bar{f} = K^+\pi^-$  (fig. 20)  $A_{CP} = -0.133 \pm 0.030 \pm 0.009$ . BELLE with a sample of 274 million pairs confirmed soon after, at the ICHEP conference,  $A_{CP} = -0.101 \pm 0.025 \pm 0.005$  [29], the resulting average was  $A_{CP} = -0.114 \pm 0.02$ .

Important contributions to the CKM came also from the measurements at the hadron machines, in particularly relevant the measurements of the  $B_s$  oscillations, originally observed in the Tevatron experiments CDF and D0 at FNAL [30]. D0 observed with 90% CL the mass difference interval  $17 < \Delta m_s < 21 \text{ ps}^{-1}$  but the measurement at  $5\sigma$  level  $\Delta m_s = 17.77 \pm 0.10(\text{stat}) \pm 0.07(\text{syst}) \text{ ps}^{-1}$  was done by CDF

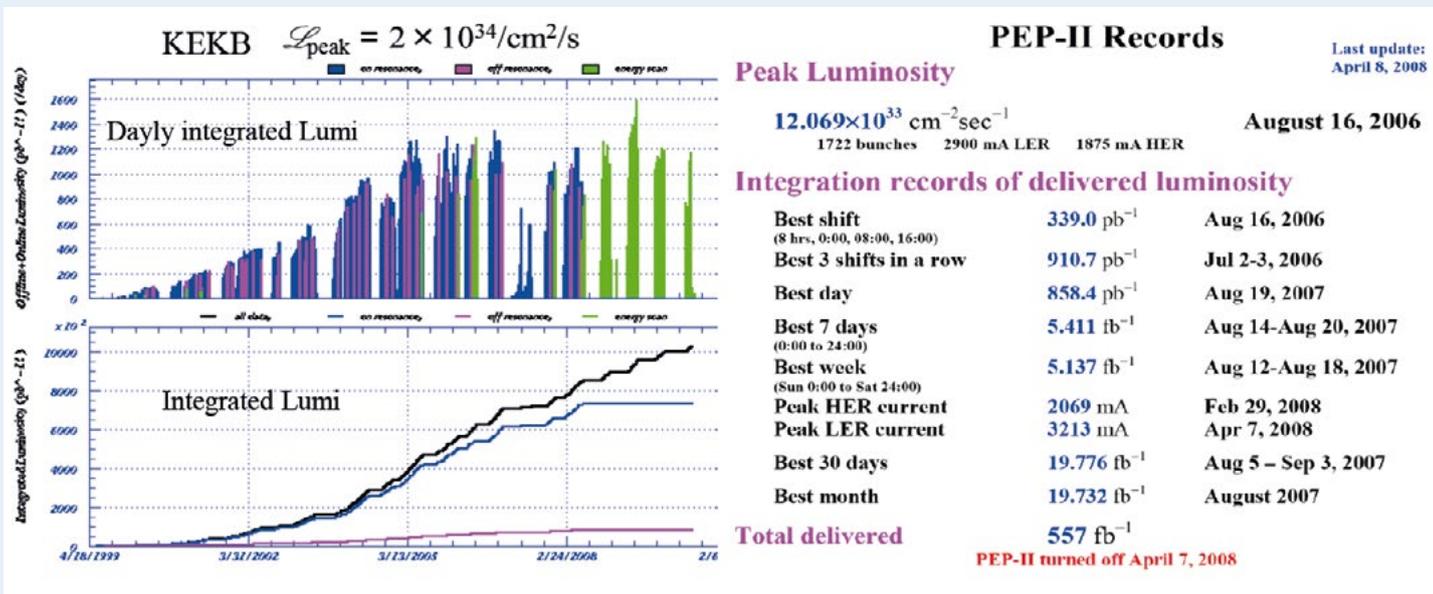


Fig. 18 The performance of KEKB on the left hand side. Both peak and integrated Luminosities are the highest ever reached so far in the world. On the right hand side the record performance of PEP-II, well beyond the design specifications.

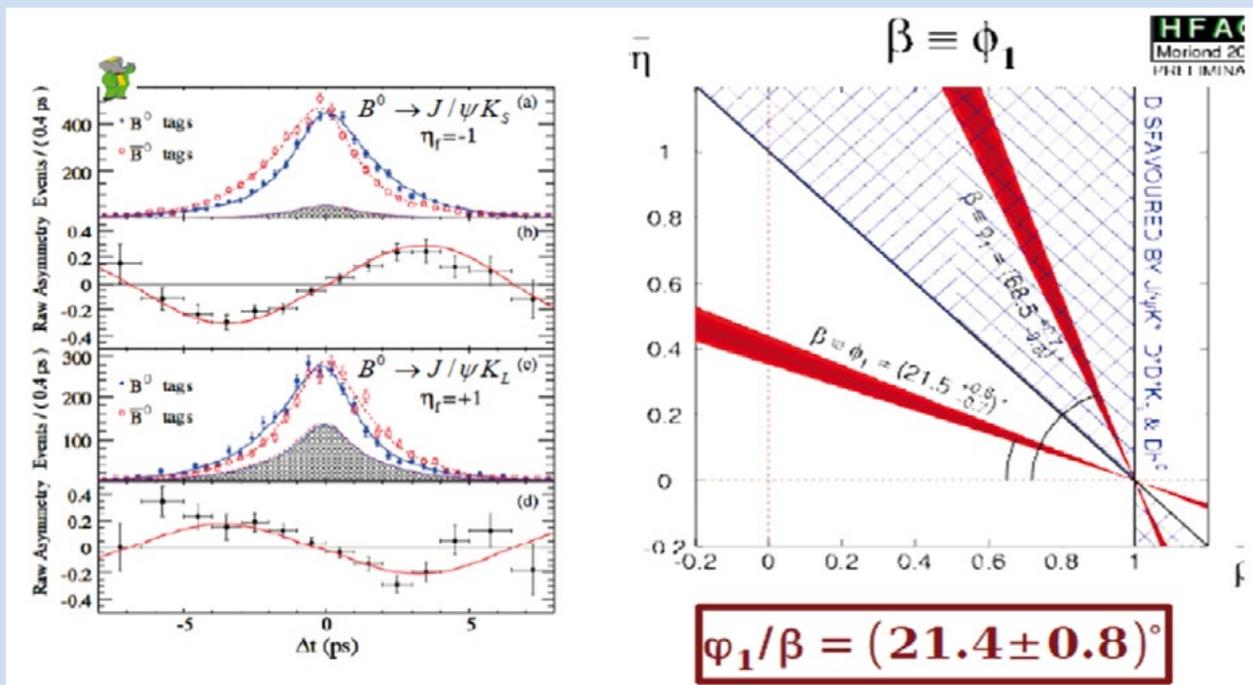


Fig. 19 On the left-hand side the asymmetries are shown by comparing the time distributions of  $B^0$  (blue points) and  $\bar{B}^0$  (red points). The opposite sign of the raw asymmetries is related to the opposite sign of  $\eta_1$ 's. On the right-hand side the angle  $\beta$  (or  $\phi_1$  in the BELLE notation) is reported in the plane  $(\rho, \eta)$ .

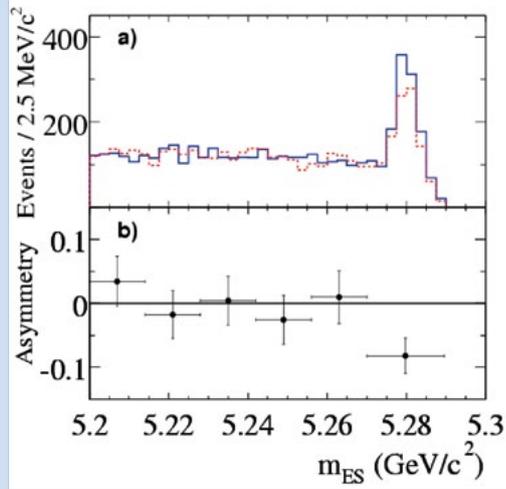


Fig. 20 The raw asymmetry as seen by BABAR. The upper figure shows the histograms for the two processes the signal events are in the peak at the  $B^0$  mass. The blue histogram is referring to  $B^0 \rightarrow K^+ \pi^-$  and the red to  $B^0 \rightarrow K^0 \pi^+$ . The raw asymmetry is evident in the lower part of the figure where the difference of the two histograms is plotted.

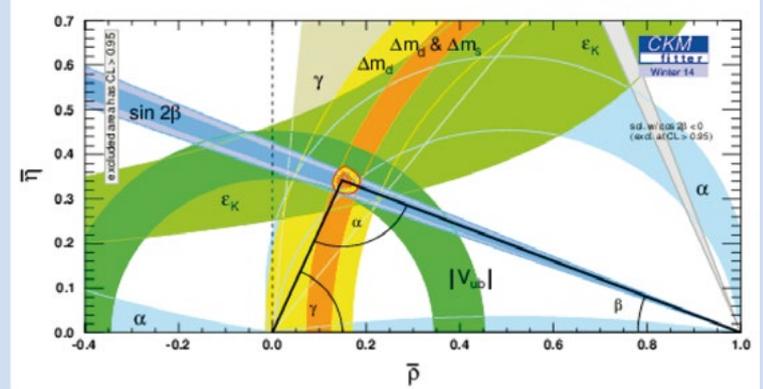


Fig. 21 The usual CKM plot, the orange band is the contribution of the FNAL experiments, that improves the precision on the apex of the Unitarity Triangle.

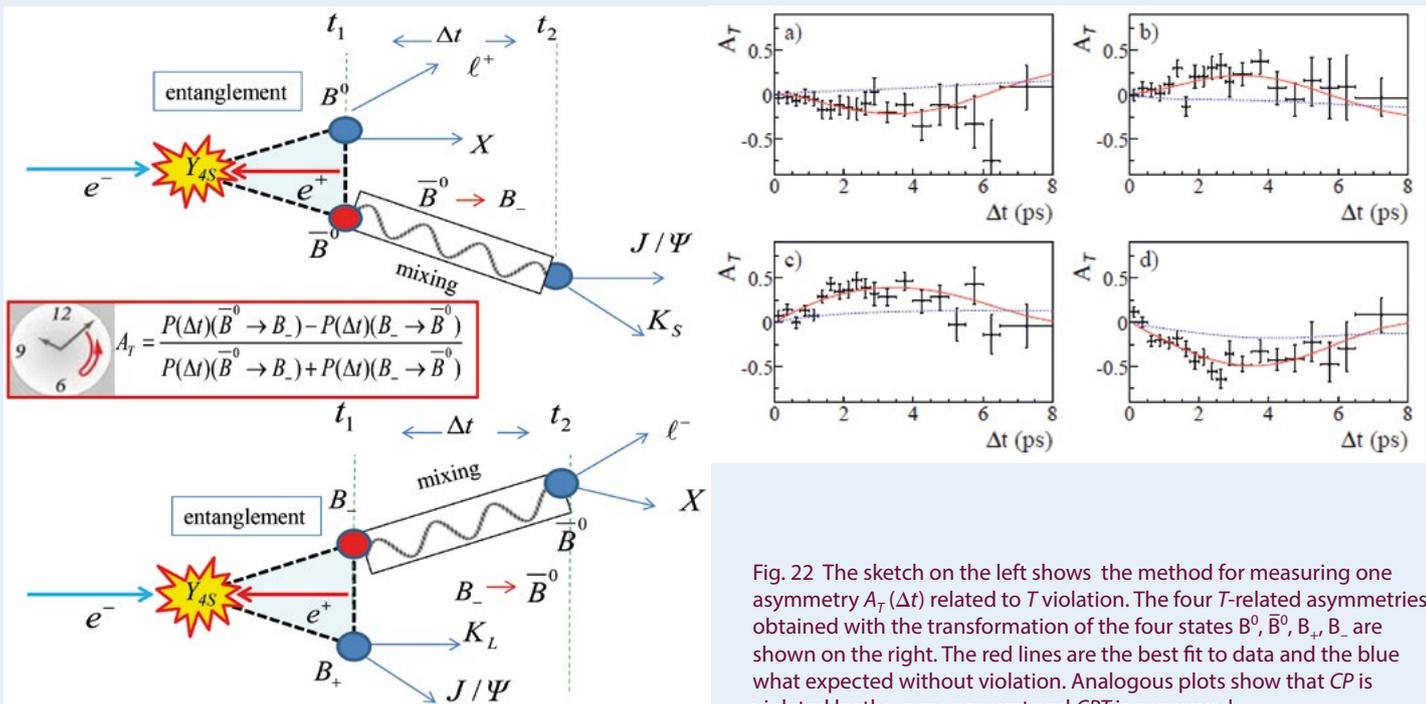


Fig. 22 The sketch on the left shows the method for measuring one asymmetry  $A_T(\Delta t)$  related to  $T$  violation. The four  $T$ -related asymmetries obtained with the transformation of the four states  $B^0, \bar{B}^0, B_+, B_-$  are shown on the right. The red lines are the best fit to data and the blue what expected without violation. Analogous plots show that  $CP$  is violated by the same amount and  $CPT$  is conserved.

plotting new constants on the CKM parameters as shown in fig. 21.

All together the experimental campaign on  $CP$  violation produced a significant progress in the knowledge of the field and a strong validation of the CKM paradigm. Eventually in the analysis of BABAR data in 2012 the direct violation of  $T$  invariance was measured [31]. The result reported in fig. 22 is fully consistent with  $CPT$  invariance.

So in more than 4 decades of intense experimental activities on  $CP$  the SuperWeak Interaction model was ruled out and the  $CP$  motivation within the CKM paradigm, fig. 23, was validated. The relevance of all results was recognized with the assignment of the Nobel prize in Physics in 2008 to Kobayashi and Maskawa.

All the important achievements in this field were made possible by the development of new and powerful

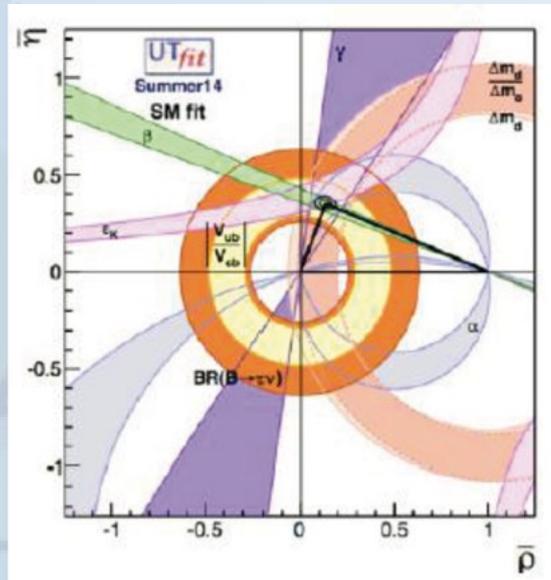


Fig. 23 The plot in the plane  $(\bar{\rho}, \bar{\eta})$  shows the status of the constraints to the CKM Unitarity Triangle as in the Summer 2014.

experimental tools as the preparation of precise and intense kaon beams and highly performing electromagnetic calorimeters for 4 gamma reconstruction and the construction of the asymmetric  $e^+ e^-$  colliders running with high luminosity at energies corresponding to the  $Y(4s)$  mass and of powerful and precise silicon vertex detectors. But an even more important ingredient for the success was the strong determination of the experimental physicists.

Are we then happy now with the success of CKM proven by the experiments?

Not really!

What makes the scientific community still quite unhappy is the lack of explanation of the strong matter-antimatter unbalance in the Universe. The primitive antimatter has never been found so far in the experiments on the Earth and in the space, and one possible explanation lays on the A. Sakharov [32] hypothesis proposed in 1964. The proposal of Sakharov was based on three conditions:

- The baryon instability,
- The C and CP violations,
- Thermo dynamical non-equilibrium,

C and CP violations have been established, still insufficient to explain the matter-antimatter unbalance as shown by quantitative estimates. Future investigations in this field are

needed looking for new Physics allowing new elementary particles and new CP violation sources.

New experiments are in preparation now for the exploration with unprecedented precision of very rare decays and asymmetries in kaons (experiment NA62 at CERN is starting the runs within 2014 looking to the extremely rare  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  decay, whose expected branching fraction if no new Physics, is pretty low *i.e.*  $0.85 \pm 0.07 \cdot 10^{-10}$ ), as well as in b and charm with the upgraded LHCb experiment at CERN and with the experiment BELLEII at the luminosity-upgraded Japanese KEKB.

On the other hand a different but promising road to the solution of the final quest about CP is the exploration of the lepton sector, in particular with the neutrino Long-Baseline experiments. In this case one CP asymmetry as admitted by PMNS, the analogous to CKM, can be written as

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e; t) - P(\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e; t) = 4s_{12}c_{12}s_{13}c_{13}^2s_{23}c_{23} \times \sin \delta \left[ \sin \left( \frac{\Delta m_{21}^2 L}{2E} \right) + \sin \left( \frac{\Delta m_{31}^2 L}{2E} \right) + \sin \left( \frac{\Delta m_{32}^2 L}{2E} \right) \right];$$

in this expression many symbols as  $E$  and  $L$  are self-explaining,  $s_{ij}$  and  $c_{ij}$  are the cosine and sine of the 3-dimensional rotation angle analogous to the Cabibbo angle and  $\delta$  is the CP-violating phase [33].

## 7 Conclusions

The *CP* adventure will go on for at least another decade, more accurate measurement will come from the hadrons sector (kaons, beauty and charm mesons) and hopefully from

the new neutrino experiments. The way of success will require bright ideas, smart experimental approach, perhaps better-performing detectors, but on top of all the ingredients a lot of determination and the hard work of the experimenters.

### Bibliography

- [1] C. S. Wu, E. Ambler, R. W. Hayward, D. D. Hoppes, R. P. Hudson, *Phys. Rev.*, 105 (1957) 1413.
- [2] M. Goldhaber, L. Grodzins, and A. W. Sunyar, *Phys. Rev.*, 109 (1958) 1015.
- [3] M. Gell-Mann and A. Pais, *Phys. Rev.*, 97 (1955) 1387.
- [4] I. Bigi and A. I. Sanda, Cambridge Monogr., *Part. Phys. Nucl. Phys. Cosmol.*, 9 (2000).
- [5] K. Lande, E. T. Booth, J. Impeduglia, L. M. Lederman, and W. Chinowsky, *Phys. Rev.*, 103, (1956) 1901.
- [6] R. H. Good, R. P. Matsen, F. Muller, O. Piccioni, W. M. Powell, H. S. White, W. B. Fowler, and R. W. Birge, *Phys. Rev.*, 124 (1961) 1223.
- [7] A. Pais and O. Piccioni, *Phys. Rev.*, 100 (1955) 1487.
- [8] D. Neagu, E. O. Okonov, N. I. Petrov, A. M. Rosanova and V. A. Rusakov, *Phys. Rev. Lett.*, 6 (1961) 552.
- [9] L. B. Leipuner, W. Chinowsky, R. Crittenden, R. Adair, B. Musgrave, and F. T. Shively, *Phys. Rev.*, 132 (1963) 1867.
- [10] J. H. Christenson, J. W. Cronin, V. L. Fitch and R. Turlay, *Phys. Rev. Lett.*, 13 (1964) 138.
- [11] G. Bernardini (Editor), "Atti del Convegno sulla filosofia naturale oggi", *Suppl. Il Nuovo Cimento*, vol. 4, n. 3 (1965).
- [12] V. L. Fitch, R. F. Roth, J. S. Russ, and W. Vernon, *Phys. Rev. Lett.*, 15 (1965) 73.
- [13] M. Bott-Bodenhausen, X. De Bouard, D. G. Cassel, D. Dekkers, R. Felst, R. Mermod, I. Savin, P. Scharff, M. Vivargent, T. R. Willits, K. Winter, *Phys. Lett.*, 20 (1966) 2.
- [14] W. C. Carithers, T. Modis, D. R. Nygren, T. P. Pun, E. L. Schwartz, H. Sticker, and J. H. Christenson, *Phys. Rev. Lett.*, 34 (1975) 1244.
- [15] L. Wolfenstein, *Phys. Rev. Lett.*, 13 (1964) 562.
- [16] Tai Tsun Wu and C. N. Yang, *Phys. Rev. Lett.*, 13 (1964) 380.
- [17] N. Cabibbo, *Phys. Rev. Lett.*, 10 (1963) 531.
- [18] M. Kobayashi and T. Maskawa, *Prog. Theor. Phys.*, 49 (1973) 652
- [19] (see some papers before 1972):  
M. Banner, J. W. Cronin, J. K. Liu, J. E. Pilcher, *Phys. Rev.*, 188 (1969) 2033;  
J. W. Cronin, P. F. Kunz, W. S. Risk, P. C. Wheeler., 1967, *Phys. Rev. Lett.*, 18 (1967) 25;  
J.-M. Gaillard, F. Krienen (CERN), W. Galbraith, A. Hussri, M. R. Jane, N. H. Lipman, G. Manning, T. Ratcliffe, P. Day, A. G. Parham *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 18 (1967) 20;  
J. Chollet, J. M. Gaillard, M. R. Jane, T. J. Ratcliffe, J. P. Repellin, K. R. Schubert, B. Wolff. "Cern 69-7, Proceedings of the Topical Conference on Weak Interactions 1969" (Geneva) 1969, pp. 309-327.  
D.F. Bartlett, R.K. Carnegie, V.L. Fitch, Konstantin A. Goulianos, D.P. Hutchinson, T. Kamae, R. F. Roth, J. S. Russ, W. Vernon., *Phys. Rev. Lett.*, 21 (1968) 558.
- [20] M. Holder, E. Radermacher, A. Staude, P. Darriculat, J. Deutsch, M. Hansroul, S. Orito, J. Pilcher, C. Rubbia, P. Strolin, K. Tittel, A. Fainberg, C. Grosso-Pilcher, M. Scire, *Phys. Lett. B*, 40 (1972) 141.
- [21] M. Banner, J. W. Cronin, C. M. Hoffman, B. C. Knapp, M. J. Shochet, *Phys. Rev. Lett.*, 28 (1972) 1597.
- [22] R. H. Bernstein *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 54 (1985) 1631;  
J. K. Black, S. R. Blatt, M. K. Campbell, H. Kasha, M. Mannelli, M. P. Schmidt, C. B. Schwarz, R. K. Adair, R. C. Larsen, L. B. Leipuner, and W. M. Morse, *Phys. Rev. Lett.*, 54 (1985) 1628.
- [23] L. K. Gibbons *et al.*, *Phys. Rev.*, D55 (1997) 6625.
- [24] H. Burkhardt *et al.*, *Phys. Lett.*, B206 (1988) 169.  
G.D. Barr *et al.*, (NA31 Collaboration), *Phys. Lett.*, B317 (1993) 233.
- [25] J. R. Batley *et al.*, (NA48 Collaboration), *Phys. Lett.*, B544 (2002) 97.
- [26] Alavi-Harati *et al.* (KTeV Collaboration), *Phys. Rev. Lett.*, 83 (1999) 22.
- [27] E. Abouzaid *et al.*, (KTeV Collaboration), *Phys. Rev.*, D83 (2011) 092001.
- [28] B. Aubert *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 87 (2001) 091801.  
K. Abe *et al.*, (BELLE Collaboration), *Phys. Rev. Lett.*, 87 (2001) 091802.  
B. Aubert *et al.*, (BABAR Collaboration), *Phys. Rev. Lett.*, 89 (2002) 201802.
- [29] B. Aubert *et al.*, (BABAR Collaboration), *Phys. Rev. Lett.*, 99, 231802 (2007).  
P. Krokovny *et al.*, (BELLE Collaboration), *Phys. Rev. Lett.*, 97 (2006) 081801.
- [30] A. Abulencia *et al.*, (CDF Collaboration), *Phys. Rev. Lett.*, 97 (2006) 062003.  
V. M. Abazov *et al.*, (DO Collaboration), *Phys. Rev. Lett.*, 101 (2008) 241801.
- [31] J. P. Lees *et al.*, (BABAR Collaboration), *Phys. Rev. Lett.*, 109 (2012) 211801.
- [32] A. D. Sakharov: *Pisma Zh. Eksp. Teor. Fiz.*, 5 (1967) 32; (*JETP Lett.*, 5 (1967) 24.
- [33] K. Asano, H. Minakata, *JHEP*, 06 (2011) 022, arXiv:1103.4387 [hep-ph];  
S. K. Agarwalla, Y. Kao, T. Takeuchi, *JHEP*, 04 (2014) 047, arXiv:1302.6773[hep-ph];  
A. Cervera *et al.*, *Nucl. Phys.*, B579 (2000) 17.

#### Marcello Giorgi

Marcello Giorgi is Professor of Particle Physics at the Physics Department of the University of Pisa. His research activity focused initially on experiments of electro-hadron and photon-hadron scattering at Frascati, Daresbury and CERN. Later he worked in the ALEPH experiment at CERN and in the BABAR experiment at SLAC. He pioneered the development and use of silicon detectors in High Energy physics. He was president of the "Commissione V" of INFN, director of the Pisa INFN Section and Spokesperson of BABAR. He has coordinated the international collaboration that has proposed the initially approved project to build the super flavor factory SuperB in Italy. After the termination in 2012 of the project for financial reasons, he is still deeply involved in flavor physics and CP violation. He was awarded the EPS Fellow and the University of Pisa "Cherubino d'Oro".

## SiGe NANOCOMPOSITES

### NOVEL MATERIALS WITH VERY LOW LATTICE THERMAL CONDUCTIVITY FOR EFFICIENT THERMOELECTRIC CONVERSION

LUCIANO COLOMBO\*, CLAUDIO MELIS\*\*

*Department of Physics, University of Cagliari  
Cittadella Universitaria, Monserrato (CA)*

Within a materials-by-design paradigm we make use of large-scale atomistic simulations to tailor the structural and chemical characteristics of SiGe nanocomposites so as to get poor thermal conductors useful for efficient thermoelectric energy production. Simulations provide evidence that thermal transport only marginally depends on stoichiometry, while it is deeply affected by granulometry. The main role in affecting thermal conduction by grain boundaries is enlightened, which largely affect vibrational modes with long mean free path.

#### 1 Introduction and motivations

Environment friendly energy production and energy efficient technologies are both critical issues for a modern industrialized society concerned with sustainable growth [1]. The search for new energy supplies, as well as the development of new production devices with improved performances, are nowadays considered critical issues and have therefore motivated a large body of both fundamental and applied research in alternative (in contrast to combustion of fossil fuels) energy production pipelines. Motivated by these needs, it is possible to conceive a materials-by-design approach where natural materials are manipulated at the nanoscale, resulting in new systems with physical properties tailored to meet energy-relevant issues and demands.

Within the above framework, here we focus – among many others – on an intriguing new perspective which, to our way of thinking, could have considerable technological impact and be of paramount relevance for basic nanoscience, namely: thermal transport in nano-structured thermoelectric materials. Thermoelectrics represent a potentially important

energy conversion technology due to their ability to convert heat into electricity [2]. An important example is the automotive industry where heat extracted from high-temperature exhaust gases could be efficiently converted into electric power. A similar approach could be as well used in heavy industry on an even larger scale. Despite this potential, thermoelectric devices are at present only used in niche markets (where reliability and durability are more important than the overall performance) because of their low efficiency, high costs, and limited availability of some chemical species [3].

The key issue is how to maximize the thermoelectric figure of merit  $ZT = (S^2\sigma/\kappa)T$  (where  $S$  is the Seebeck coefficient, while  $\sigma$  and  $\kappa$  are the electrical and thermal conductivity, respectively), which basically dictates the heat-to-current conversion efficiency. In other words, we need a material with high electrical conductivity, high Seebeck coefficient, and low thermal conductivity. Unfortunately, such a material is not provided by Nature.

A way to bypass this limitation and straightforwardly

\* Email: [luciano.colombo@dsf.unica.it](mailto:luciano.colombo@dsf.unica.it)

\*\* Email: [claudio.melis@dsf.unica.it](mailto:claudio.melis@dsf.unica.it)

increase  $ZT$  involves reducing  $\kappa$  (still preserving a good  $\sigma$ ), which requires to design new materials where lattice thermal conductivity is more largely affected by some additional structural feature than in pristine systems. It has been proposed that a primary approach to obtain this reduction is to generate suitable nano-composite semiconductor materials, where the typical grain size is smaller than the phonon mean free path (MFP), but it is still larger than the electron (or hole) one [4]. This typically occurs for nanometer-sized grains and warrants that, while charge carriers are basically unaffected by the underlying nanocomposite structure, phonons (*i.e.* heat carriers) are strongly scattered at the grain boundaries. This situation, commonly referred to as “materials which are phonon glasses and electron crystals”, ultimately causes a dramatic increase in the  $ZT$  figure of merit.

SiGe alloys (where a zincblend crystal lattice is randomly decorated by Si and Ge atoms in any possible stoichiometry) have shown the most promise as nanocomposite thermoelectrics for a number of reasons. First of all, the random distribution of the constituents dramatically affects their thermal conduction ability with respect to both pristine materials; this is observed for any Ge-content in a Si matrix varying from 20% to 80% [5]. Furthermore, a SiGe alloy can be easily and cheaply fabricated in large quantities as nanocrystalline samples, where the phonon MFP is further reduced as described above. Finally, they result fully compatible with present-day device configurations.

While the first technological generation of SiGe-based appliances is close to commercialization, any further improvement of this energy production technology indeed requires a better fundamental understanding of heat and charge transport in such complex materials [6]. This motivates the present work where, by means of computer experiments based on nonequilibrium molecular dynamics simulations, we aim at understanding the role of the grain size distribution and overall stoichiometry on lattice thermal conductivity in nanocrystalline SiGe alloys (nc-SiGe).

## 2 Approach-to-equilibrium molecular dynamics

Molecular dynamics (MD) represents a robust and reliable tool for predicting the thermal conductivity of any given condensed-matter system, in whatever state of aggregation, chemical composition, and degree of structural order. Basically, MD consists in solving numerically the equations of motion of a set of interacting atoms under given thermodynamical constraints (*e.g.* constant temperature, or constant pressure). Provided that the interaction potential is accurate and transferable, the resulting atomic trajectories correspond to a time-evolving set of positions and momenta spanning the proper statistical ensemble defined by the constraints [7]. In principle, this machinery allows for the calculation of any physical observable as an ensemble average, according to the principles of statistical mechanics.

MD can be developed at different levels of erudition, the most fundamental one making use of interaction schemes derived from first principles. This solution, although superior, is however limited by its computational workload, which could easily become overwhelming in the case of complex materials (like the nc-SiGe systems here of interest) where a large number of atoms is indeed required to simulate their composite structure. Therefore, an alternative approach consists in generating empirical force fields where, by combining physical intuition with educated guesses, an effective interaction potential is obtained, depending upon a limited set of parameters. These can be efficiently tuned on a suitable data base of physical properties, which is typically generated either by experiments or by first-principles calculations. This solution, while preserving the general validity of the MD conceptual architecture, offers the possibility to simulate systems containing a large number of atoms. In view of the applications discussed below, we implemented our MD investigation on the empirical Tersoff potential, which is very well known to describe accurately either the structural and the thermal properties of group-IV semiconductors [8].

The MD scheme offers a direct way to predict the thermal conductivity  $\kappa$ , when an initial non-equilibrium situation is

generated, and the following approach-to-equilibrium of the system is observed during a microcanonical run. The situation, hereafter referred to as approach-to-equilibrium MD (AEMD), is schematically represented in [fig.1](#) (top) and conceptually proceeds as follows:

- i) a step-like temperature profile along, say, the  $z$ -direction of the sample is generated by thermostating the left and right regions of the simulation cells at hot and cold temperature, respectively (in this work we made use of standard Nosé-Hoover thermostats [7]);
- ii) the system (which is periodically repeated along the  $z$ -direction) is then aged by a microcanonical run;
- iii) the time-dependent difference  $\Delta T(t) = (T_{\text{left,ave}} - T_{\text{right,ave}})$  between the average temperatures  $T_{\text{left,ave}}$  and  $T_{\text{right,ave}}$  of the two regions is calculated straightforwardly during step ii); as usual in MD, we extract the notion of temperature from the atomic velocities generated on the fly.

Interestingly enough, the  $\Delta T(t)$  time evolution strictly follows the Fourier law, as clearly indicated in [fig.1](#) (bottom), where the MD results (colored noisy lines) are compared to the analytical solution of the heat equation (black dashed lines). In fact, it is easily shown [9] that the heat equation under the initial boundary conditions defined in step i) provides the solution  $\Delta T(t) = \sum_i C_n \exp[-\alpha_n \lambda t]$ , where:  $\lambda = \kappa/\rho c_V$  is the thermal diffusivity of the system with density  $\rho$  and specific heat  $c_V$ , while both  $\alpha_n = 2\pi n/L_z$  and the coefficients  $C_n = 8(T_{\text{left,ave}} - T_{\text{right,ave}})\cos(\alpha_n L_z/2) - 1)^2/(\alpha_n^2 L_z^2)$  are determined by the imposed initial conditions.

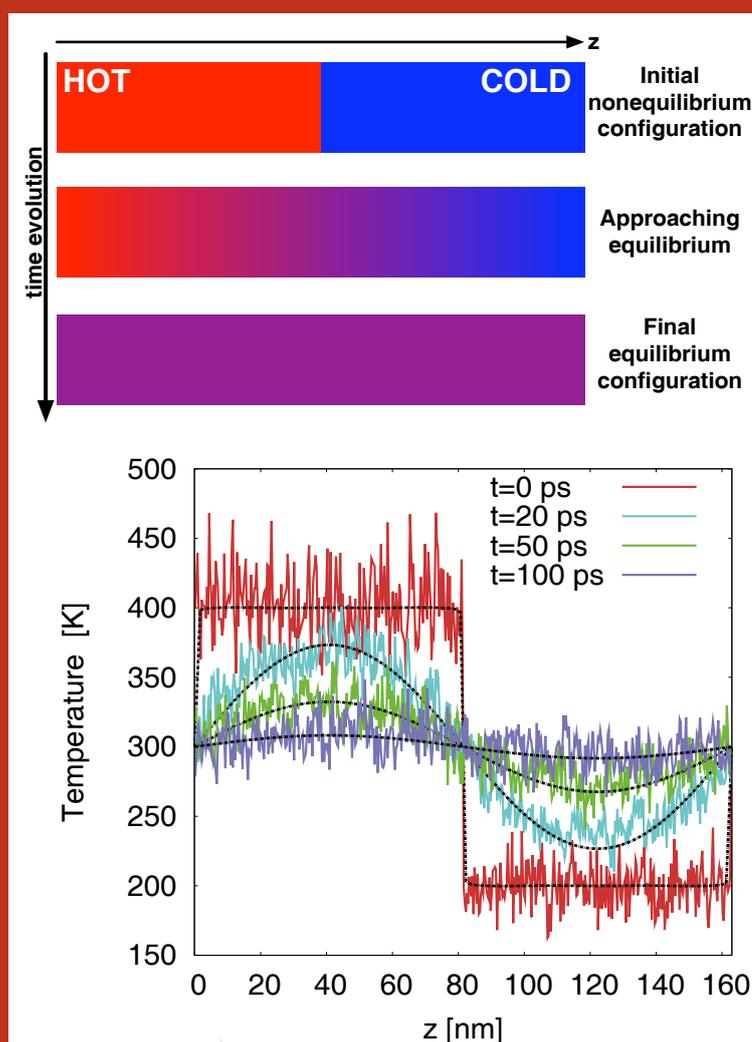


Fig. 1 Upper panel: schematic representation of the AEMD method: a non-equilibrium configuration defined by a step-like temperature profile (top) is aged microcanonically (middle) until reaching the equilibrium condition (bottom) characterized by a uniform temperature distribution. The thermal conductivity of the sample is extracted by monitoring on the fly the time-dependent temperature difference calculated along the  $z$ -direction between the left and right regions. Lower panel: local temperature calculated by AEMD (noisy colored lines) and by solving exactly the heat equation (dashed black lines) during the approach to equilibrium. Temperature is calculated as a function of the  $z$ -coordinate normal to the interface that initially separates the system into a hot (left) and cold (right) region.

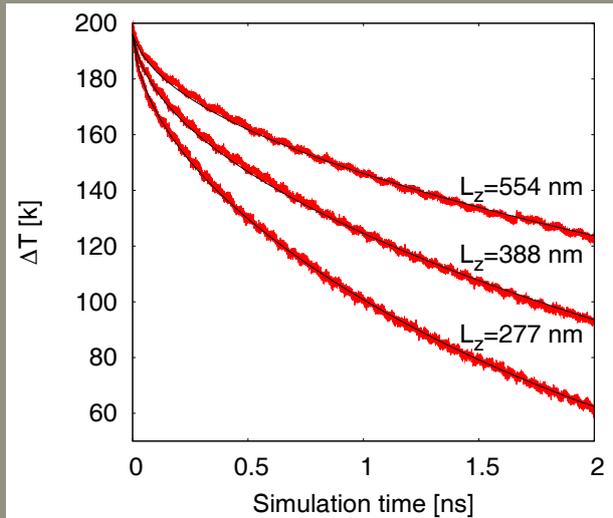
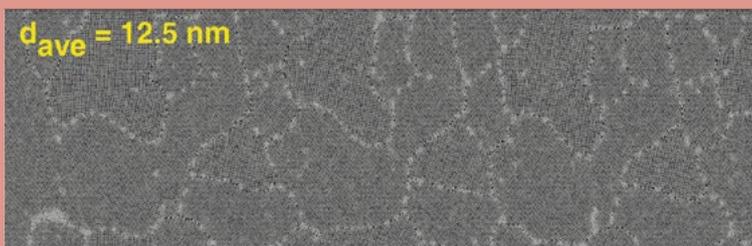
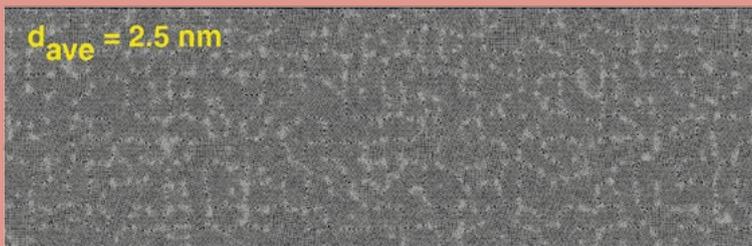


Fig. 2 Time evolution of the temperature difference  $\Delta T(t) = (T_{\text{left,ave}} - T_{\text{right,ave}})$  during the approach to equilibrium, calculated by AEMD (red lines) and by solving exactly the heat equation (black lines) in three bulk  $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$  alloy samples with different thickness  $L_z$ .

Fig. 3 Stick-and-ball representation of three nanocrystalline samples (differing by granulometry, *i.e.* by their average grain size) obtained with the procedure described in the text. The network of grain boundaries (as well as amorphous spots and point defects) are clearly visible: they act as scattering centers for heat carriers.



Eventually, the thermal conductivity  $\kappa$  is easily obtained by fitting  $\lambda$  on  $\Delta T(t) = (T_{\text{left,ave}} - T_{\text{right,ave}})$  calculated on the fly during the MD run, as shown in fig. 2 in the case of  $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$  bulk alloy samples with increasing system size. The AMED method is very robust since, in practice, only 15–20 exponential terms in the  $\Delta T(t) = \sum_i C_n \exp[-\alpha_n \lambda t]$  expression are actually needed to obtain the excellent fit shown in fig. 2. More importantly, AEMD is much more numerically efficient than conventional equilibrium (like, *e.g.*, the Green-Kubo) or nonequilibrium MD methods [10], basically because there is no need to run long simulations in order to establish the steady-state condition in turn required to calculate the heat flux (for the system sizes here treated this would require a MD run as long as several hundreds ns). Rather, just a transient regime of approach to equilibrium (lasting few ns) needs to be simulated, thus saving (according to our own direct benchmarks) orders of magnitude in the total number of required MD steps. The reduction of the resulting computational workload is a key feature: as a matter of fact, it allows for simulating samples with dimensions large enough to correctly represent the rich variety of structural features found in a typical nc-SiGe sample.

### 3 Sample preparation

In order to attempt any prediction on the lattice thermal conductivity of nc-SiGe systems we need first of all to cope with the problem of generating trustworthy atomistic models for such nanocomposites.

This is a challenging and very computer-intensive task, since we need to correctly reproduce both local-scale and global structural features (respectively, grain boundary atomic architecture and grain size/shape distribution); furthermore, this must be repeated for many different stoichiometries.

To this aim, we followed a multistep procedure (see below) repeatedly applied to simulation cells that, by construction, initially contained just Si atoms and had fixed lateral dimensions  $L_x = 2.715$  nm and  $L_y = 27.15$  nm. The z-thickness was instead varied in the range  $54.3$  nm  $\leq L_z \leq 135.7$  nm so to extract the  $\kappa = \kappa(L_z)$  dependence, from which to get the extrapolated  $\kappa(\infty)$  for a macroscopic sample. The procedure is summarized in fig. 3.

Each sample with a given thickness  $L_z$  was at first fully amorphized by a standard quenching-from-the-melt procedure. Then a number  $N_g$  of crystalline seeds were inserted randomly in the sample with unsystematic crystal orientation. Next, each system was annealed at constant  $T = 1200$  K for very long time, varying from 1.5 to 4.0 ns for increasing granularity. During such annealing procedure seed grains underwent growth until nanocrystalline silicon systems were eventually obtained [11]. At this stage nc-Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> samples were obtained by randomly replacing Si atoms with Ge atoms. This computational alchemy was flanked by a self-affine rescaling of the atomic positions, so that the actual lattice spacing of any nc-Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> sample was set as a weighted average of the Si and Ge lattice constant provided by the Tersoff potential. Eventually, a further careful relaxation accommodated any residual unlike atomic arrangement due to the lattice mismatch between the two component materials. A stick-and-ball representation of three nc-Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> samples, differing by their average grain size  $d_{ave}$  (a structural feature controlled by the number  $N_g$  of the inserted nucleation seeds for recrystallization) is reported in fig. 4. It is interesting to note that, upon annealing, the resulting structure show a truly realistic network of grain boundaries, as well as spots of amorphous matter and point defects. They both act as efficient sites of scattering of the heat carriers.

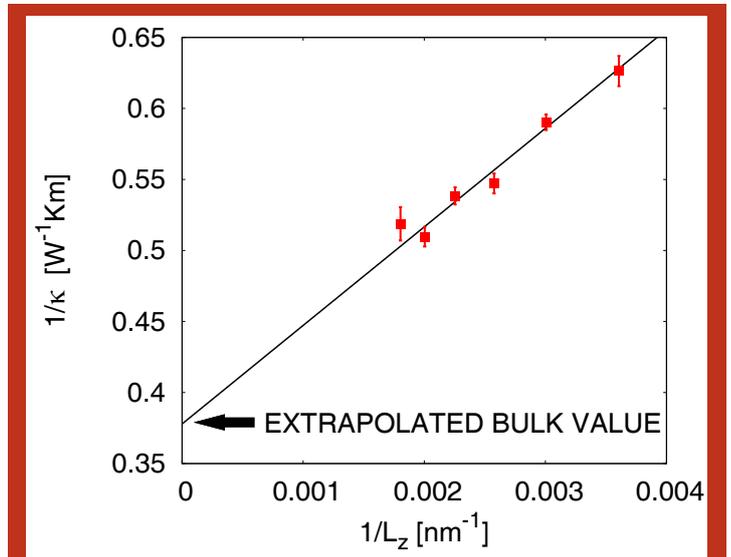
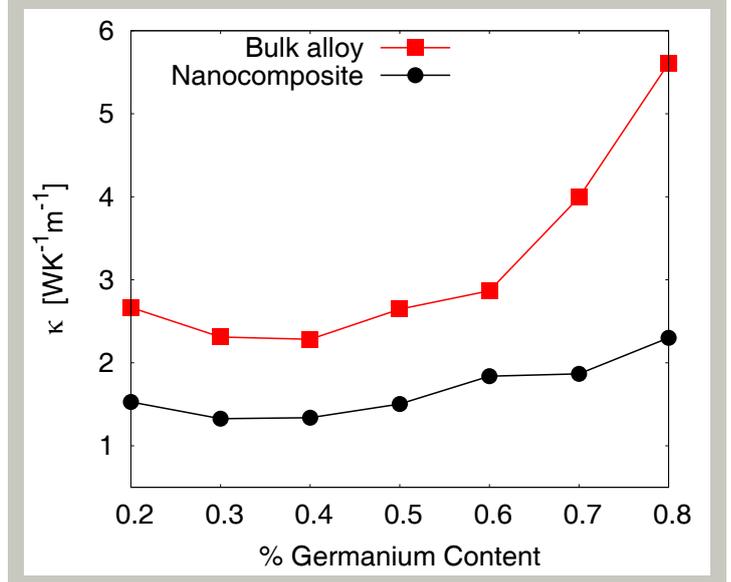


Fig. 4 The AEMD calculated thermal conductivity of a Si<sub>0.5</sub>Ge<sub>0.5</sub> bulk alloy as a function of the thickness  $L_z$  of the simulation cell. The  $1/\kappa$ -vs.- $1/L_z$  plot provides by extrapolation the  $\kappa(\infty)$  value for an ideally infinite (macroscopic) sample. This is the predicted number to compare with experimental data.

Fig. 5 The calculated AEMD thermal conductivity in Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> bulk alloys (red symbols) and nanocomposites (black symbols) as a function of the Ge content.



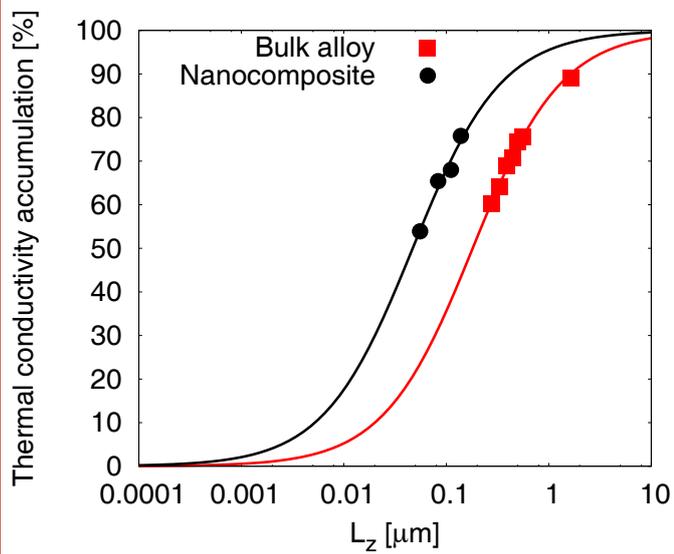
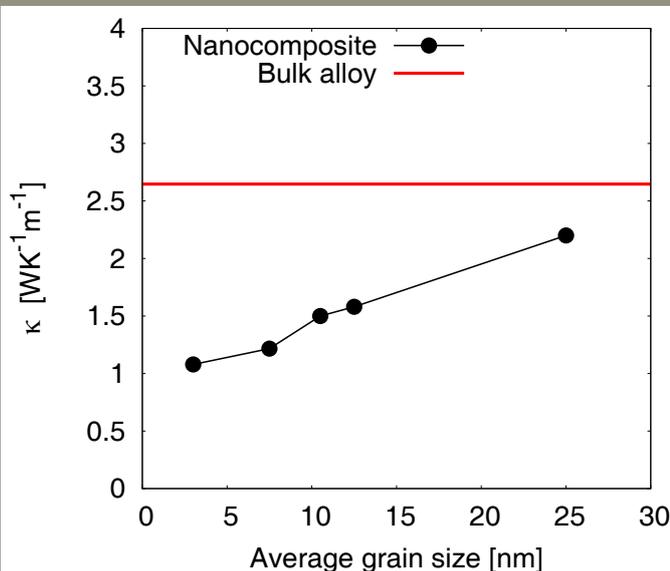


Fig. 6 The accumulation function for the AEMD calculated thermal conductivity in  $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$  bulk alloys (red symbols) and nanocomposites (black symbols).

Fig. 7 The calculated AEMD thermal conductivity (black symbols) of a  $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$  nanocomposite sample as a function of its granulometry (*i.e.* average grain size). The corresponding bulk alloy value (red line) is shown for comparison.



#### 4 Thermal conductivity in nc- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ : results and discussion

We first address the key question whether thermal conductivity is larger in bulk alloys or in nanocomposites. In fig. 5 we report our results for samples characterized by the same granularity  $d_{ave} = 10.5$  nm, but different stoichiometries in the range of technology interest. AEMD simulations provide evidence that the thermal conductivity of a nanocomposite structure is definitely smaller by a good  $\sim 50\%$  than in a bulk alloy (where there is no network of grain boundaries). This result is quantitatively consistent with experimental data, reporting a very similar reduction in thermal conductivity of both *p*- and *n*-type samples [12, 13]. However, we remark that while experiments were collected for the sole  $x = 0.2$  stoichiometry, fig. 5 shows that this feature is indeed valid for any chemical composition, adding a further degree for sample tailoring.

The observed reduction of  $\kappa$  in nanocomposites is clearly due to the enhancement of scattering phenomena provided by the network of grain boundaries (see fig. 4). This statement is not only consistent with similar results obtained in short-period Si/Ge superlattices, but it is also confirmed by calculating the thermal conductivity accumulation function, here defined as the ratio  $\kappa(L_z)/\kappa(\infty)$ . In practice, its value gives the contribution to the thermal conductivity provided only by those vibrational modes with  $\text{MFP} \leq L_z$  (modes with longer mean-free-path are in fact hindered by the cell boundaries which prevent to accommodate such long-lived excitations). In fig. 6 we show that in a typical nc- $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$  sample as much as  $\sim 80\%$  of the thermal conductivity is provided by vibrational modes with  $\text{MFP} \leq 100$  nm. On the other hand, in the bulk alloy the same contribution is provided by vibrations with much longer mean free path up to  $\sim 1\mu\text{m}$ .

Another feature emerging from fig. 5 is that, similarly to bulk alloys, the actual chemical composition seems to play a minor role, namely: the lattice thermal conductivity is basically independent of the stoichiometry. We can therefore draw the conclusion that, contrary to previous speculations, alloying is not the ultimate solution for minimizing

thermal transport in SiGe systems; rather this role is played by grain boundaries.

We finally better focus on role played by the nanostructure: the AEMD calculations have been accordingly extended to a new set of nanocomposite models with same stoichiometry ( $x = 0.5$ ), but different granulometry. In **fig. 7** we show that  $\kappa$  increases monotonically with granulometry and, for a large enough average grain size, the thermal conductivity of the bulk alloy is recovered. Present calculations also suggest the reduction of thermal conductivity is larger for  $d_{\text{ave}} \leq 15$  nm. This prediction could be useful in order to tailor real samples for devices. The trend for vanishingly small grains is set by a bottom limit: in order to be stable at finite temperature, they must have a radius above the capillarity threshold [11]. According to **fig. 7**, the value  $\kappa \sim 1 \text{ WK}^{-1}\text{m}^{-1}$  can be considered as the ultimate minimum lattice conductivity in the class of systems here investigated.

## 5 Conclusions

We have calculated the thermal conductivity in SiGe composites by approach-to-equilibrium molecular dynamics simulations and proved that these systems have thermal conductivity below the corresponding bulk alloy with the same stoichiometry. The main role in affecting thermal conduction is more likely provided by grain boundaries, than by chemistry.

Although similar interface-like effects can be found even in short-period superlattices or core-shell nanowires, we remark that nanocomposites are admittedly superior for practical large-scale commercial use since they can be obtained by low-cost bulk processing, rather than by nano-fabrication. Moreover, they are thermally stable systems, as required for commercial thermoelectric devices that must operate for years at high temperature.

## References

- [1] "Energy in Italy: problems and perspectives (1999-2020)", a study by Italian Physical Society (SIF) available at: <http://en.sif.it/activities/energy>
- [2] G. S. Nolas, J. Sharp, and H. Goldsmid, "Thermoelectrics: Basic Principles and New Materials Developments" (Springer, New York), 2001.
- [3] G. J. Snyder and E. B. Toberer, *Nat. Mater.*, 7 (2008) 105.
- [4] M. Dresselhaus, G. Chen, M. Y. Tang, R. G. Yang, H. Lee, D. Z. Wang, Z. F. Ren, J.-P. Fleurial and P. Gogna, *Adv. Mater.*, 19 (2007) 1043.
- [5] J. Garg, N. Bonini, B. Kozinsky, and N. Marzari, *Phys. Rev. Lett.*, 106 (2011) 045901.
- [6] A. J. Minnich, M. S. Dresselhaus, Z. F. Ren, and G. Chen, *Energy Environ. Sci.*, 2 (2009) 466.
- [7] D. Frenkel and B. Smit, "Understanding molecular simulation" (Academic Press, San Diego) 1996.
- [8] J. Tersoff, *Phys. Rev. Lett.*, 56 (1986) 632; J. Tersoff, *Phys. Rev. B*, 39 (1989) 5566.
- [9] C. Melis, R. Dettori, S. Vandermeulen, L. Colombo, *Eur. Phys. J. B*, 87 (2014) 96.
- [10] Y. He, I. Savić, D. Donadio, and G. Galli, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 14 (2012) 16209.
- [11] A. Mattoni and L. Colombo, *Phys. Rev. B*, 78 (2008) 075408.
- [12] X. W. Wang, H. Lee, Y. C. Lan, G. H. Zhu, G. Joshi, D. Z. Wang, J. Yang, A. J. Muto, M. Y. Tang, J. Klatsky, S. Song, M. S. Dresselhaus, G. Chen, Z. F. Ren *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 93 (2008) 193121.
- [13] G. Joshi, H. Lee, Y. Lan, X. Wang, G. Zhu, D. Wang, R. W. Gould, D. C. Cuff, M. Y. Tang, M. S. Dresselhaus, G. Chen, Z. Ren, *Nano Lett.*, 8 (2008) 4670.

### Luciano Colombo

Luciano Colombo is Full Professor of Condensed Matter Physics and Head of the Department of Physics at the University of Cagliari. He earned a Ph.D. in Physics at the University of Pavia and worked at EPF Lausanne (CH), SISSA Trieste, University of Milano and Milano-Bicocca. He has been visiting scientist at CECAM (F), Lawrence Livermore National Laboratory (USA), and University College Dublin (IRL). His main research interests focus on computational materials physics and, in particular, he is now active on: nanoscale thermal transport, mechanical and thermal properties of graphene, metal-polymer nanocomposites, materials science for metrology, and computational methods. In 1994 he was awarded the Gordon-Bell IEEE prize for achievements in parallel computing.

### Claudio Melis

Claudio Melis is a non-tenured Assistant Professor at the Department of Physics of the University of Cagliari, funded by the Sardinia Regional Government under project POR-Sardegna ESF 2007-13. He earned a Ph.D. in physics at the King's College London (UK). He is a computational condensed matter physicist with research interests on: large biomolecules, hybrid systems for energy harvesting and production, thermal transport in nanomaterials.

## PARTICLE THERAPY FOR CANCER AND NONCANCER DISEASES

**MARCO DURANTE\***

*GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Biophysik Abteilung, and Technische Universität Darmstadt, Institut für Festkörperphysik, Darmstadt, Germany*

High-energy charged particles are considered today the most advanced, cutting-edge technology in radiotherapy. The physical advantages (Bragg peak) combined with the special biological properties of densely ionizing radiation makes them the elective choice for tumors close to organs at risk, and a potential breakthrough for different cancer and noncancer diseases with high incidence and mortality. The main hindrance to a widespread use of ions in therapy is the high cost/benefit ratio. Compact, cheaper accelerators and the extension of the diseases eligible for particle therapy treatments are necessary to decrease this ratio.

Radiotherapy is used in more than 50% of the cancer patients, with a strong increasing trend. The goal of radiotherapy is to deliver a high dose to the planning target volume (PTV), while keeping the dose to the surrounding normal tissue as low

as possible. In fact, both the tumor control probability (TCP) and the normal tissue complication probability (NTCP) increase with the dose: the main objective of medical physics is to widen the therapeutic window between TCP and NTCP vs. dose curves (see the [Box](#)

for definitions of the units used in this paper).

In conventional X-ray therapy, including the most advanced intensity-modulated radiation therapy (IMRT), this can only be achieved by cross-firing the tumors from several angles using

### Box Radiation dose

#### Absorbed Dose

Absorbed dose (or simply *Dose*) is the energy deposited per unit mass in the target:

$$D = \Delta E / \Delta m \text{ measured in gray (Gy). } 1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg.}$$

#### Linear energy transfer

The energy loss per unit track length, also known as stopping power:

$$\text{LET} = dE / \rho dx.$$

The LET is well approximated by the Bethe-Bloch formula. In radiotherapy the target is mostly water, and therefore  $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$  and the LET is expressed in keV/ $\mu\text{m}$ .

#### Relative Biological Effectiveness

Relative Biological Effectiveness, or RBE, quantifies the different effectiveness of different radiation qualities at the same physical dose:

$$\text{RBE} = D_x / D_t,$$

where  $D_x$  is the dose of the reference radiation (generally orthovoltage X-rays) producing the same effect of the dose  $D_t$  of the test radiation. The RBE depends on many factors including endpoint, effect level, dose-rate, oxygen concentration, particle charge and velocity etc.

#### Equivalent dose

The equivalent dose (or radiation-weighted dose) takes into account the different biological effectiveness of different radiation qualities:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R},$$

where  $D_{T,R}$  is the absorbed dose (in Gy) averaged over the tissue/organ ( $T$ ) due to radiation ( $R$ ).  $H$  is measured in sievert (Sv).

The weighting factors ( $w_R$ ) are estimated by relative biological effectiveness (RBE) values at low doses and low dose-rates, and they are therefore useful for radiation protection at low doses, but not for protection from deterministic effects at high doses. In this case, ICRP recommends a different definition of the equivalent dose:

$$H_t = \sum_R \text{RBE}_{R,t} \cdot D_{R,t}$$

\*email: M.Durante@gsi.de

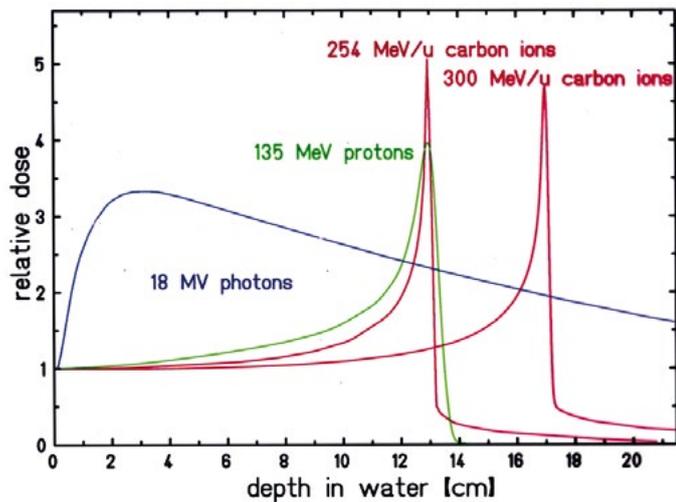
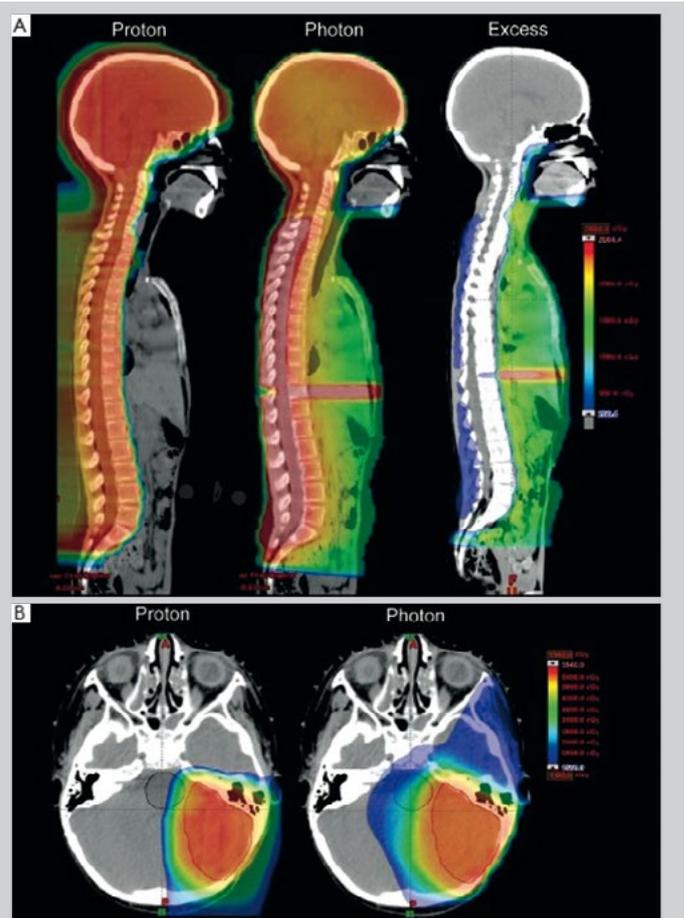


Fig. 1 Depth-dose distribution for monoenergetic protons, carbon ions, and photons. The C-ion Bragg peak is sharper than protons at the same range, because of the reduced straggling. However, a tail of projectile nuclear fragments ( $Z < 6$ ) is present in the C-ion curve. Different depths can be reached by changing the beam energy: in the example, 254 MeV/n is compared to 300 MeV/n C-ions. Image from GSI.

Fig. 2 Treatment plan for treatment of medulloblastoma, a common pediatric tumor. The tumor requires craniospinal irradiation. In panel A, the dose distribution is shown for protons and X-rays, and the difference is given in the last image. This figure gives the “excess” dose received by pediatric patients treated by X-rays. This extra dose is not necessary for treating the tumor, and only leads to side effects. In panel B, the dose distribution in the head is shown. Image from MD Anderson Cancer Center, Houston, TX.



appropriate multi-leaf collimators for conformal delivery. Beam direction and intensity are optimized during treatment planning and delivered by rotating gantries, while the patient comfortably lies on a couch. The photon dose decreases exponentially with the

depth (fig. 1), and as a consequence the use of several beams results in a very high integral dose (ID) to the normal tissue (fig. 2), with high NTCP. On the contrary, charged particles exploit the Bragg peak (fig. 1) and are therefore automatically conformal. Protons

and heavy ions stop in matter, while X-rays do not: this means that much more normal tissue can be spared with the same target dose distribution (fig. 2), or the same NTCP is reached but escalating the target dose, thus increasing TCP. In addition, ions around

replacing the weighting factors with RBE values, which are radiation ( $R$ ) and endpoint ( $e$ ) specific. The unit is the gray-equivalent (GyE).

#### Effective dose

For non-uniform exposure to radiation, different tissue weighting factors  $w_T$  have to be used which reflect the different radiogenic sensitivity of the different organs. The effective dose (also in Sv) is then calculated as

$$H_E = \sum_T w_T H_T.$$

#### RBE-weighted absorbed dose

In particle therapy, due to the use of high doses, the GyE has been used for heavy ions, while the proton therapy community still uses the *cobalt-gray-equivalent* (CGE), which refers to a dose that is clinically isoeffective to  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -rays, formerly the most commonly used radiation in teletherapy. The International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) has recently proposed to replace this quantity with the RBE-weighted absorbed dose defined as

$$D_{RBE,V} = \text{RBE} \cdot D_V.$$

The unit will be again the gray but written as Gy(RBE). The volume  $V$  (e.g. gross tumour volume, planning target volume etc.) must be specified.

#### Integral dose

Important for comparing different radiotherapy modalities is also the concept of integral dose, defined as the mean energy deposited in the total irradiated volume of the patient (in kg·Gy):

$$ID = m \cdot D.$$

#### Isoeffective dose

In an effort to unify the RBE-weighted absorbed dose and the biologically effective dose, a joint IAEA/ICRU commission proposed another quantity indicated as isoeffective dose and defines as

$$D_{isoE} = W_{isoE} \cdot D,$$

where  $D$  is the absorbed dose in Gy and  $W_{isoE}$  an inclusive weighting factor that takes into account all factors that could influence the clinical effects: dose per fraction, overall time, radiation quality, biological system and effects. The reference treatment conditions for estimating  $W_{isoE}$  are X-rays, 2 Gy per fraction, and 5 daily fractions per week. As for  $D_{RBE}$ , the applications of  $D_{isoE}$  in heavy-ion therapy is problematic due to the complex RBE field.

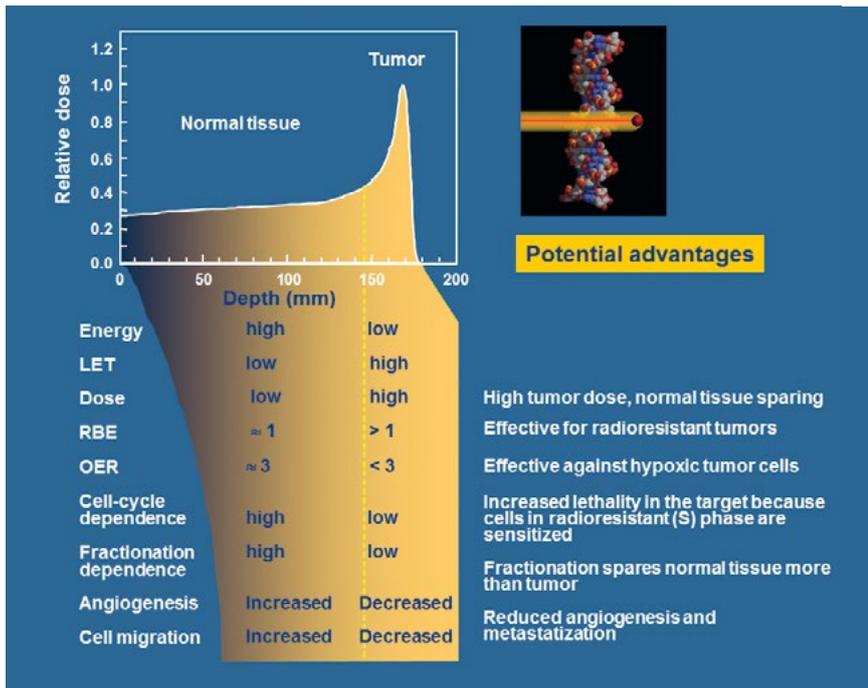


Fig. 3 Physical and biological advantages of charged-particle therapy. The normal tissue is exposed in the plateau region, and the tumor in the Bragg peak. Especially for heavy ions, the Bragg peak region presents several radiobiological advantages. Graphics courtesy of Dr. Mauro Belli, ISS, Rome.

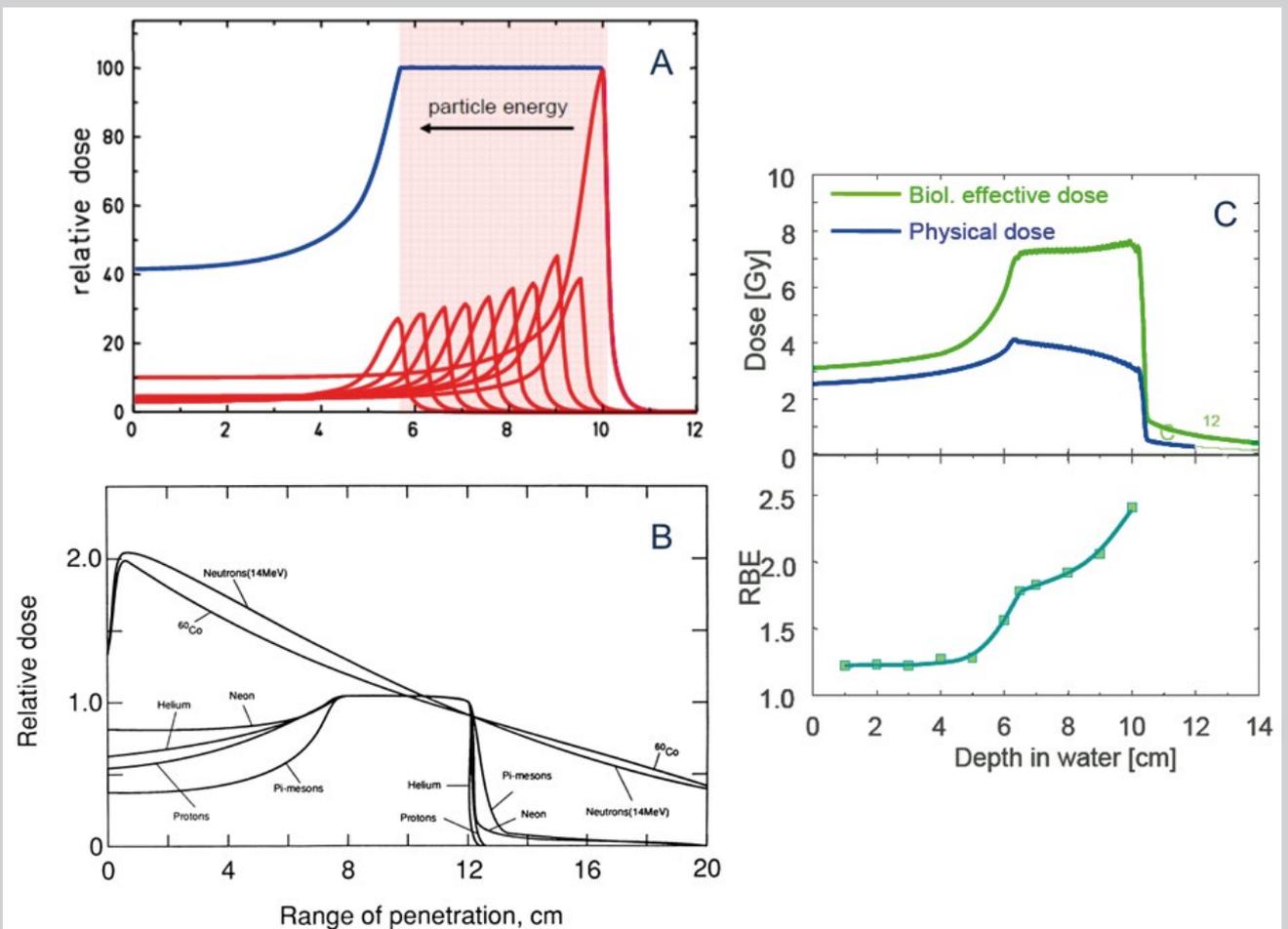


Fig. 4 The sharp Bragg peak in fig. 1 cannot cover a tumor of several cm in diameter. By superimposition of several Bragg peaks it is possible to build a wide spread-out-Bragg-peak (SOBP) (A). Different energies can be obtained by passive attenuation of a monoenergetic beam through a variable-depth wedge, or by active change of the energy in the accelerator. The resulting SOBP for different ions is shown in panel B and compared to the depth-dose distributions of indirectly ionizing photons and neutrons. It can also be noted that protons and He-ions

have a better SOBP/plateau ratio than Ne-ions. Because the RBE increases with depth in the SOBP, a flat SOBP in biological dose can be obtained by modulating the physical dose in the SOBP (C). For protons, a constant RBE = 1.1 is used thus avoiding the complications of the RBE modelling. In C-ion centers, the SOBP is generally modulated according to the biological response, with the exception of the heavy-ion research facility in Lanzhou (HIRFL), China (see ref. [4] for a discussion).

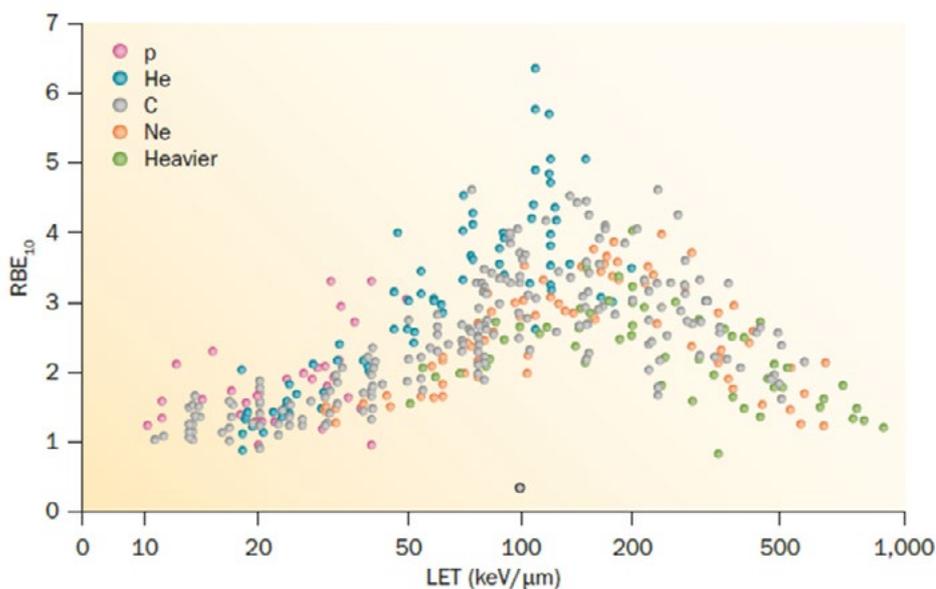


Fig. 5 The RBE is necessary to design the SOBPs in therapy (fig. 4C). However, RBE is dependent on several parameters, and is therefore affected by a large uncertainty. Here the RBE (at 10% cell survival) is plotted vs. LET of different ions. Each datapoint corresponds to a published survival curve extracted by the large PIDE database, which collects all published survival data with monoenergetic ions using *in vitro* mammalian cell lines. The high spread is due to the complex dependence of the RBE on several physical and biological parameters. It is also clear from the figure that different ions have different RBE at the same LET. PIDE is available online at <http://www.gsi.de/bio-pide>.

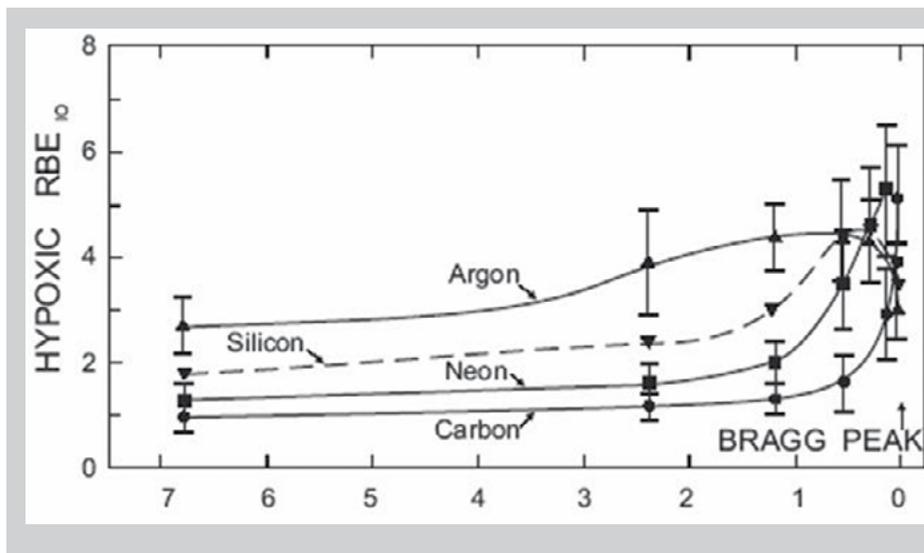


Fig. 6. One of the parameters affecting the RBE (fig. 5) is the oxygen concentration. Here the RBE (at 10% cell survival) is plotted vs. LET in hypoxic conditions for different ions. Most tumors (e.g. head and neck, pancreas or cervix) are hypoxic, while normal tissue is well oxygenated (physioxia). Hypoxia increases radioresistance to X-rays, but this problem (oxygen effect) is reduced by increasing radiation LET. Eventually, for very high-LET heavy ions, the sensitivity in hypoxia and normoxia is the same. However, as shown in the figure, ions heavier than carbon have a high RBE already in the plateau region, thus giving a high risk of normal-tissue complications. On the other hand, neon has a higher RBE in the hypoxic region, suggesting that ions heavier than carbon can play a role for very hypoxic cancers. Image from the Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.

the Bragg peak have high linear energy transfer (LET), and the biological effects are quite distinct from those caused by sparsely ionizing, low-LET radiation, such as photons and electrons (fig. 3). This is particularly relevant for heavy ions, where the LET in the spread-out-Bragg-peak (SOBP; fig. 4) covering the tumor approaches 80–200 keV/μm in water, the values corresponding to the maximum relative biological effectiveness (RBE) of densely ionizing radiation (fig. 5). The LET is proportional to  $z^2/\beta^2$ , where  $z^*$  is the effective charge and  $\beta = v/c$  the ion velocity. The LET therefore increases at the end of the range. Particles with low LET

in the plateau (where normal tissue is exposed) and high LET in the SOBPs (tumor) are ideal for therapy. A good compromise is given by carbon ions, which are indeed nowadays used in several facilities in Europe and Asia. Even though many patients were treated with neon ions in Berkeley in the 70s, it seems that heavier ions can be too risky for the normal tissue, already exposed in a high-LET region (fig. 6). In the 2014 NuPECC report [1], particle therapy is acknowledged as one of the main contributions of nuclear physics to medicine. Applied nuclear physics heavily relies on the success of this therapeutic approach.

## 1 Clinical indications for particle therapy in oncology

Notwithstanding the clear benefits of the reduction of side effects and high RBE in the tumor, the cost/benefit ratio of particle therapy remains controversial. The cost of a particle therapy center ranges between 30 and 300 M€. Cyclotron-based, single-room, proton-only facilities are the cheapest; synchrotron-based, multiple-room and multi-ion facilities the most expensive. At the moment, over 40 protontherapy centers and 8 C-ion facilities are in operation (fig. 7) [1]. Only in USA, 27 new centers are expected by 2018. The cost can be reduced using compact,



Source of range uncertainty in the patient	Range uncertainty
Independent of dose calculation:	
Measurement uncertainty in water for commissioning	$\pm 0.3$ mm
Compensator design	$\pm 0.2$ mm
Beam reproducibility	$\pm 0.2$ mm
Patient setup	$\pm 0.7$ mm
Dose calculation:	
Biology (always positive)	$\pm 0.8$ %
CT imaging and calibration	$\pm 0.5$ %
CT conversion to tissue (excluding I-values)	$\pm 0.5$ %
CT grid size	0.3 %
Mean excitation energies (I-values) in tissue	$\pm 1.5$ %
Range degradation; complex inhomogeneities	-0.7 %
Range degradation; local lateral inhomogeneities*	$\pm 2.5$ %
Total (excluding *)	2.7% + 1.2 mm
Total	4.6% + 1.2 mm

Tab. 1 Sources of range uncertainty in protontherapy. The biological uncertainty is substantially higher for heavy-ion therapy. Table from NuPECC report [1], courtesy of Dr. Harald Paganetti, MGH, USA.

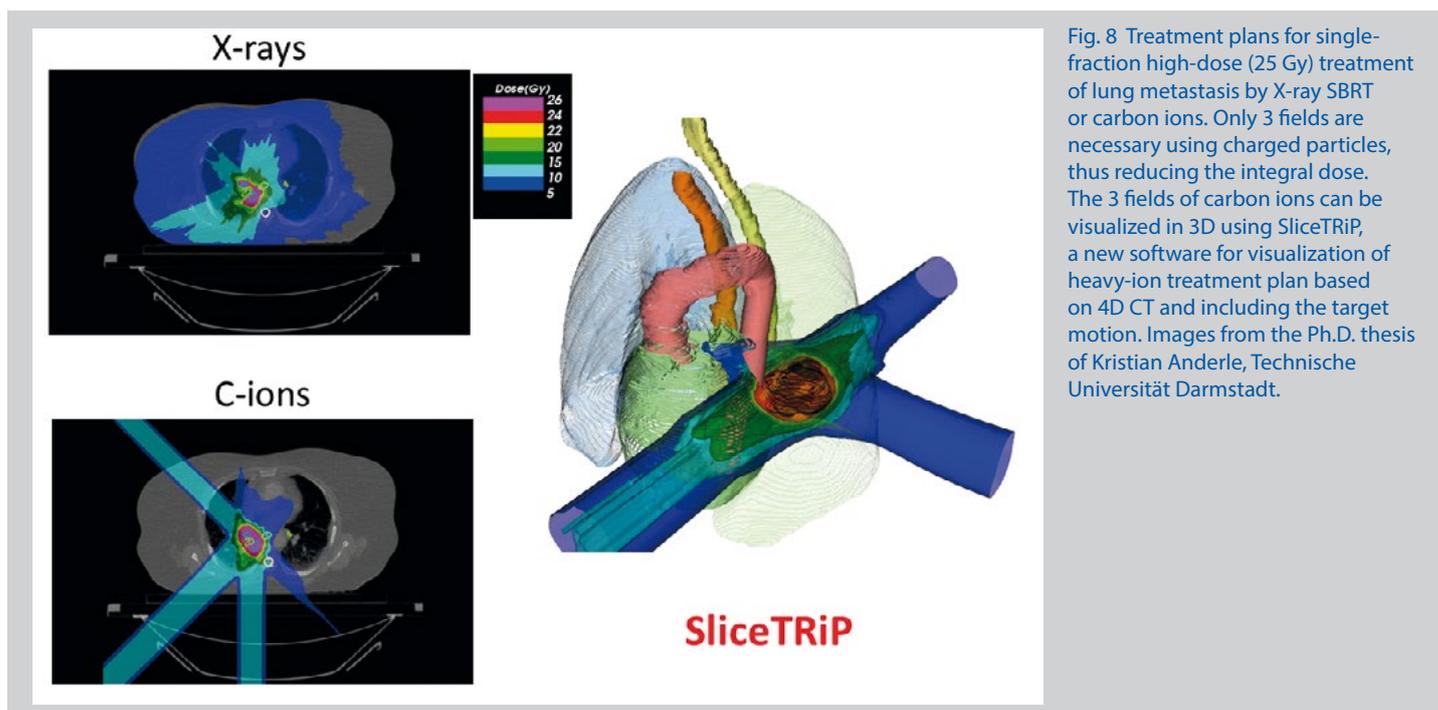


Fig. 8 Treatment plans for single-fraction high-dose (25 Gy) treatment of lung metastasis by X-ray SBRT or carbon ions. Only 3 fields are necessary using charged particles, thus reducing the integral dose. The 3 fields of carbon ions can be visualized in 3D using SliceTRiP, a new software for visualization of heavy-ion treatment plan based on 4D CT and including the target motion. Images from the Ph.D. thesis of Kristian Anderle, Technische Universität Darmstadt.

with a preference for fixed targets, such as tumors in the base of the skull. However, the recent improvements in treatment planning based on 4DCT and the implementation of motion mitigation strategies such as gating, rescanning and tracking is making more realistic the treatment of all kind of tumors, including lung (fig. 8), the first cause of cancer-related death in USA

and Europe.

The clinical indications for particle therapy depend on the particles used. Much more statistics is available for protontherapy (over 100 000 patients treated) than for C-ions (less than 15 000 patients). Radioresistant and hypoxic tumors can benefit more from C-ions than from protons, due to the special biological properties of densely ionizing

radiation (fig. 3). In general, particle therapy can be used for all kinds of tumors. The only exception so far has been the use of C-ions for pediatric tumors, based on the uncertainty on long-term effects, specifically second cancers induced by high-LET radiation. However, this cautious choice is not supported by radiobiological and epidemiological data [3], and we can

Particle	Group 1 – established clinical evidence	Group 2 – most promising sites, pending more evidence	Radiobiological rationale for charged particle use in Group-2 tumors
Protons	Eye	Breast	Sparing of the heart and lung, reduced late complications
	Base of the skull (chordoma, chondrosarcoma)	Hodgkin lymphoma	
	Spine tumors	Prostate	Sparing of the rectum and bladder, but controversial clinical data
	Pediatric tumors and adult patients with radiosensitive genetic syndromes	Head and neck	Potential for dose escalation and better sparing of organs at risk
	Hepatocellular carcinoma in hypofractionation	Lung	Hypofractionation with reduced integral dose
Heavy ions	Base of the skull (chordoma, chondrosarcoma)	Pancreatic ductal adenocarcinoma	Hypoxic tumors
	Bone and soft tissue sarcomas (unresectable sacral chordoma, osteosarcoma)	Cervical cancer	
	Advanced head & neck cancers (adenoid cystic carcinoma, malignant melanoma)	Hepatocellular carcinoma nearby the porta hepatis	Exceptional clinical results obtained with carbon ions at NIRS, Chiba (Japan)
		Locally recurrent rectal cancer	
		Lung	Hypofractionation with reduced integral dose
		Glioblastoma	Radioresistant tumor, poor prognosis. Needs combination with systemic therapy.

Tab. 2 Tumors eligible for particle therapy. Group 1 includes those malignancies where there is already solid clinical evidence showing the superiority of the particle treatment over X-rays. Group 2 includes those tumors which appear more promising for particle treatment, pending pre-clinical research and clinical trials. These tumors can be covered with CED protocols, based on the radiobiological rationale indicated in the last column. List compiled according to refs. [4] and [5].

therefore expect that ions heavier than H will be used in pediatrics, too. Based on a recent review of the clinical data and laboratory research [4], we have divided in [table 2](#) the tumors into two main groups: those for which there is a solid clinical evidence, and should be considered as eligible for treatments with protons or C-ions (Group 1); and those where clinical evidence is not sufficient, but more research is strongly recommended because the preliminary data and the radiobiological or physical rationale suggest that they can lead

to breakthrough results (Group 2). A similar list for protontherapy only has been recently reported by the American Society for Therapeutic Radiation Oncology (ASTRO) [5], and no indications against coverage-with-evidence (CED) protocols were found for protons.

The established clinical indications correspond to approximately 2% of all cancer patients. For the typical indications of skull base chordoma and chondrosarcoma, a phase-III randomized trial H vs. C is ongoing at

the Heidelberg Ion Therapy (HIT) center. Tumors in Group 2 cover those with highest incidence and mortality, such as lung, breast, prostate, pancreas, brain and locally recurrent rectal cancer. More research is certainly needed for these tumors, both clinical and pre-clinical. Randomized clinical trials protons vs. X-rays are ongoing in USA for lung and prostate cancers, generally using hypofractionated schedules. Several other phase-I/II trials are ongoing in different centers for other tumor sites.

Pre-clinical studies are also necessary

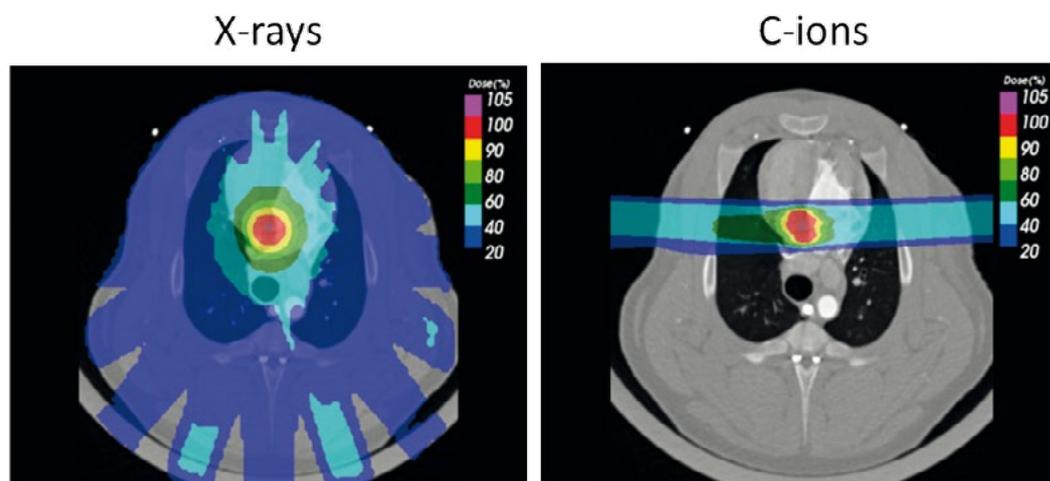


Fig. 9 Treatment plans for atrial fibrillation in a swine using X-rays or C-ions. The target here is the pulmonary vein. Image from the Ph.D. thesis of Anna Constantinescu, Technische Universität Darmstadt.

to validate these trials [4]. In particular, motion mitigation techniques are very important for lung cancers, and range verification strategies (using PET, prompt gammas, secondary protons, or proton radiography) are important for dose escalation studies. Combined treatments (with chemotherapy or immunotherapy) are necessary for improving not only TCP but also survival, often compromised by distal metastasis. For breast cancer, the main rationale is sparing the heart and more research is necessary on cardiovascular effects of radiation and optimal treatment planning with protons. For pancreatic ductal adenocarcinoma, an important issue is hypoxia, and here  $^{12}\text{C}$ -ions or perhaps  $^{16}\text{O}$ -ions are advisable.

## 2 Noncancer diseases

Large, inoperable arteriovenous malformations (AVM) were among the first pathologies treated with accelerated ion beams. AVM are abnormal connections between arteries and veins, generally congenital, and are not malignant. Several noncancer diseases are still treated today in different protontherapy centers, especially at the STAR neurosurgery facility of the Massachusetts General Hospital in Boston (MA, USA). Charged-particle beams can be competitive with

Gammaknife and Cyberknife for cranial lesions, including trigeminal neuralgia, epilepsy, intracranial aneurysm and macular degeneration [6]. However, the spectrum of diseases eligible for particle therapy could be largely expanded by including extra-cranial targets. The main problem is again the management of moving organs, which unavoidably jeopardize the high-precision treatment necessary for radiosurgery. However, the recent improvements of the motion mitigation strategies [2] suggest that charged particles can be competitive with stereotactic body radiation therapy (SBRT) and catheter ablation.

An appealing application can be renal denervation [6]. Severe, resistant hypertension that is uncontrolled despite patients taking antihypertensive medications is a big unmet clinical need, with those affected being at increased risk of stroke and renal failure. Renal sympathetic efferent and afferent nerves are crucial for the initiation and maintenance of systemic hypertension and lie within and immediately adjacent to the wall of the renal artery. Sympathetic nerves can be accessed by a catheter inserted in the femoral artery, and the nerves ablated by radiofrequency. The results of the clinical trials were excellent, but there was a 16% of nonresponders, and many patients cannot be treated due to the kidney anatomy. SBRT can be an

alternative, and a clinical study is under way in Stanford (CA, USA). Protons could be an even better solution.

Even more appealing is the treatment of heart diseases [6]. Cardiac arrhythmia is a common heart disease (prevalence 0.4–1% in the general population with an increase by age, leading to 4.5 million patients in the EU) which can predispose to life-threatening stroke and embolism. The treatment of many cardiac arrhythmias requires ablation of the atrio-ventricular (AV) node and/or the pulmonary vein. It is normally performed by microwaves produced by a flexible catheter introduced (fluoroscopy guided) in a large blood vessel and moved in direct contact with the heart (catheter ablation). While the success rate is >90% for some diseases causing arrhythmias, such as the Wolff-Parkinson-White syndrome or the atrial flutter, for atrial fibrillation the success rate of a single catheter ablation drops below 30%, requiring multiple invasive interventions. SBRT can be an alternative, and a US company (Cyberheart) is trying to treat fibrillation with a Cyberknife. We proposed that charged particles can be much more effective, thanks to the favorable depth-dose distribution, and to the problem that very high doses (>25 Gy) have to be delivered in a single fraction to the heart. As shown in [fig. 9](#), this unavoidably leads to a very high



Fig. 10 A pig in the custom-built fixation corset anesthetized for the 90°-field C-ion treatment at GSI. The white thermoplastic mask was modeled to each pig and subsequently the room's laser coordinate system was marked on both mask and pig. A point visible also in the CT was defined by metal markers positioned at three laser intersections. The fixation in the GSI Cave M was again employed to reproduce the situation of the treatment planning CT. Visible in the top right is the prompt particle detector, and top-bottom is the PET camera used online for dose visualization. Image courtesy of G. Otto.

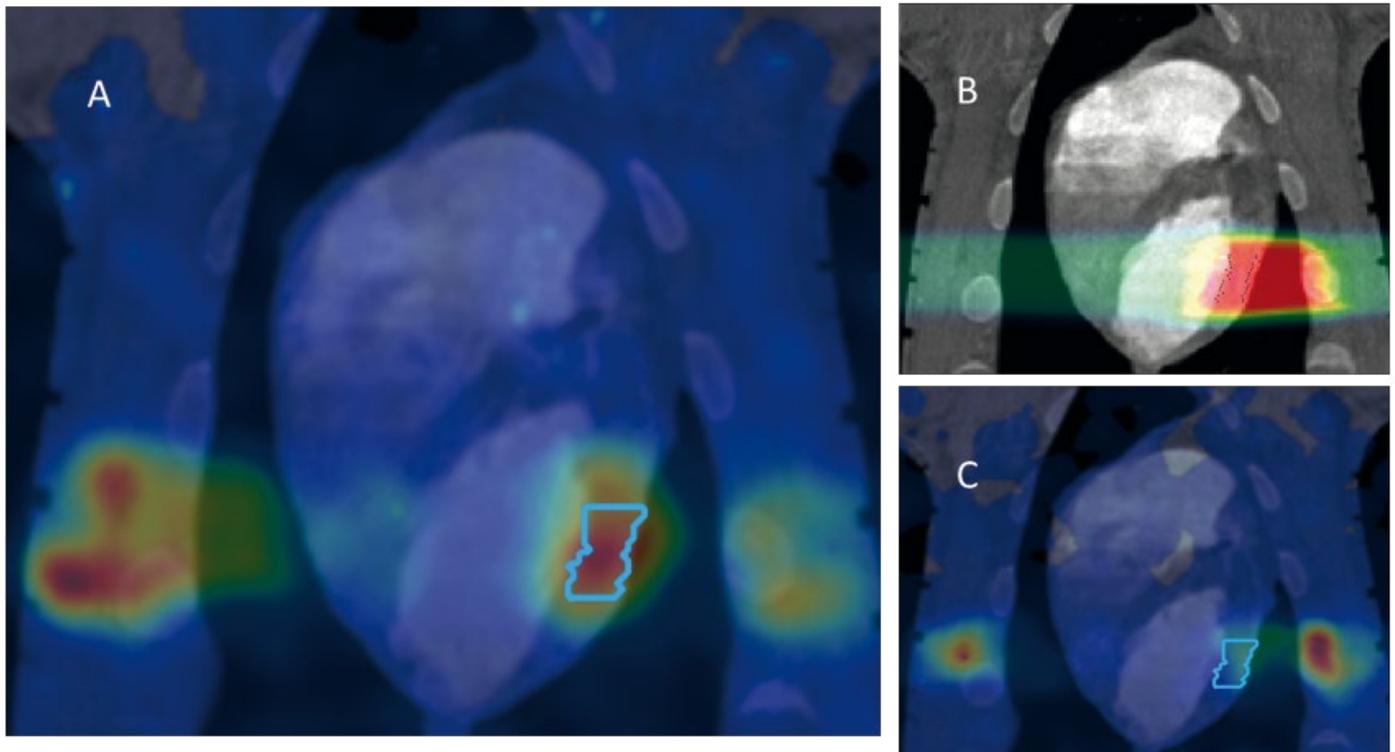


Fig. 11 PET imaging during (A) and after (C) the irradiation, in comparison to the planned dose distribution (B). The target structure in the ventricular wall is delineated, and shows strong activity during irradiation. In the follow-up measurement the rapid wash-out in the strongly perfused cardiac muscle is visible, with more activity remaining in the chest wall. Image taken by the Helmholtzzentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) team during the irradiation shown in fig. 10, courtesy of HZDR.

ID using SBRT, which can be drastically reduced using C-ions. However, spot scanning requires a formidable 5D treatment planning, including 3D spatial CT, plus breathing and heartbeat time dimensions. We have estimated though that gating/rescanning can adequately solve the problem. Based on our *in silico* analysis, an experimental study in a swine model (fig. 10) has been recently performed using accelerated C-ions GSI in Darmstadt (Germany) in collaboration with the Cardiology Departments of the University of Heidelberg (Germany) and Mayo Clinics (Rochester, USA). The results of online PET have shown that the target was correctly covered by the particle beam (fig. 11). The clinical results will only be collected in 2015, while the pigs are continuously monitored for their hearts' electrophysiological activity. A positive result would pave the way to a completely new application for particle therapy.

### 3 Outlook

Particle therapy is one of the main medical applications of nuclear physics [1]. Even if the clinical results gathered so far support the rationale of the therapy – *i.e.* that the reduced exposure of normal tissue leads to a lower risk of side effects and allows dose escalation for better local control – the main problem remains the high cost/benefit ratio. While research in accelerator physics can lead to a reduction of the costs, medical physics and radiobiology are working to expand the diseases eligible for particle therapy treatment. Particularly interesting are tumor locations (such as lung and pancreas) and noncancer diseases (such as atrial fibrillation) where the range uncertainty and the problem of moving targets represent the main hindrance. Research in 4D/5D treatment planning, range verification, and motion mitigation strategy are therefore essential

in medical physics for improving the treatments. Radiobiology is necessary for pre-clinical studies of the sensitivity of the different tissues and the interactions of charged-particle radiation with drugs, essential to improve survival, beyond tumor local control. Research in this field represents one of the best applications of physics in medicine, and it is advisable that new clinical facility dedicate beamtime and infrastructures to these R&D activities. The benefit can be enormous for cancer and noncancer patients, using a technology that can often replace surgery and X-ray therapy giving superior clinical results with lower side effects.

### References

- [1] NuPECC, *Nuclear Physics for Medicine* (ESF, Strasbourg) 2014.
- [2] C. Bert and M. Durante, *Phys. Med. Biol.*, 56 (2011) R113.
- [3] W. D. Newhauser and M. Durante, *Nat. Rev. Cancer*, 11 (2011) 438.
- [4] J. S. Loeffler and M. Durante, *Nat. Rev. Clin. Oncol.*, 10 (2013) 411.
- [5] ASTRO, *Proton Beam Therapy Model Policies* (American Medical Society) 2014.
- [6] C. Bert, R. Engenhart-Cabillic and M. Durante, *Med. Phys.*, 39 (2012) 1716.

#### Marco Durante

Marco Durante studied Physics at the University of Naples Federico II and at the Lawrence Berkeley Laboratory (Berkeley, CA). After fellowships at the NASA Johnson Space Center (Houston, TX) and NIRS (Chiba, Japan), he was appointed as Director of the Biophysics Department at GSI Helmholtz Center in Darmstadt (Germany) in 2008, and is also Full Professor of Physics at the Technical University of Darmstadt (Germany). Marco Durante dedicated his whole career to the biophysics of heavy ions, with applications in cancer therapy and space radiation protection. He is generally recognized as world leader in the field of particle radiobiology and medical physics in ion therapy. For his contributions to the field, he has been awarded the Galileo Galilei prize in 2005 from the European Federation of Organizations for Medical Physics, the 60th Timofeeff-Ressovsky medal by the Russian Academy of Sciences, the 8th Warren K. Sinclair Award of the US National Academy of Sciences, the 2013 IBA-Europhysics award for Applied Nuclear Science in Medicine (European Physical Society) and the 2013 Bacq & Alexander Award of the European Radiation Research Society (ERRS). He is currently President of the International Association for Radiation Research (IARR).

## LE LINGUE DI GALILEO GALILEI

MICHELE A. CORTELAZZO

*Dipartimento di Studi Linguistici e Letterari, Università di Padova, Padova, Italia*

Galileo Galilei ha ampio spazio non solo nella storia della scienza, ma anche in quella della letteratura e, soprattutto, in quella della lingua. Come ha scritto Giacomo Devoto (dopo Bruno Migliorini e prima di Maria Luisa Altieri Biagi), uno dei più illustri studiosi della lingua di Galilei, Galilei può essere considerato «capostipite vero e proprio di una tradizione nuova, quella di una lingua scientifica pienamente matura» [1].

### 1 Galilei: lingua e letteratura

Nella biografia di Galilei non mancano gli esercizi letterari (compose versi berneschi, sonetti, un abbozzo di commedia, contributi di critica letteraria sull'*inferno* dantesco, su Tasso, sull'*Orlando furioso*). Non sarà di questo che ci occuperemo in questo articolo, anche se non possiamo non rammentare l'ipotesi di E. Panofsky, il quale, studiando Galilei come critico delle arti [2], ha sostenuto l'influenza esercitata dalla sua attività di letterato e artista sulla costruzione del suo pensiero scientifico (contro la tesi più tradizionale e più banale che l'influsso fosse in direzione contraria, e che fosse la sua visione razionalistica del mondo fisico ad aver influenzato i suoi prodotti di letterato e le sue posizioni di critico).

L'argomento di questo articolo non è, dunque, se non marginalmente, il Galilei letterato o critico delle arti, bensì il Galilei innovatore nell'uso scientifico della lingua e dominatore di diversi idiomi. La parola chiave per caratterizzare i prodotti testuali di Galilei è *plurilinguismo*: lo scienziato ha saputo utilizzare la lingua della tradizione



sono poste in fila secondo la lunghezza del Zodiaco,  
essendo quella di mezzo circa 2 volte maggiore  
delle altre 2 laterali, et stanno situate in  
questa forma. ○○○. h' come quanto prima  
farò vedere a loro A: 2<sup>a</sup> essendo in questo autunno  
h' haver belliss<sup>o</sup> comodità di osservare le cose  
celesti ad i pianeti tutti sopra l'orizzonte.  
No occuparsi più V. S. Offin<sup>o</sup> et baciandoli ad ogni  
ven<sup>ta</sup> le mani, la supplico ad inchinarsi humil:  
me in <sup>mio</sup> nome a loro A: 2<sup>a</sup> 2<sup>a</sup> 2<sup>a</sup> N. S. G. Felicit:  
D. Pad<sup>re</sup> 6<sup>to</sup> di Luglio 1610  
D. V. S. Offin<sup>o</sup>

scientifico del tempo, il latino; ha innovato, conferendo un sigillo autorevolissimo all'italiano, che da lingua delle arti pratiche è stata assunta a lingua in cui è possibile scrivere di scienza; nel suo lungo soggiorno patavino, ha goduto del pavano, come lingua di una letteratura allora in fase calante, ma ancora viva.

Se Bruno Migliorini lamentava, nel 1965, che erano pochi gli studiosi che si erano occupati delle scelte linguistiche galileiane (in confronto non solo a quanti avevano studiato i suoi interessi scientifici, ma anche «ai molti che hanno rivolto la loro attenzione al suo stile e al suo gusto critico» [3], oggi possiamo dire con soddisfazione che della lingua di Galilei, ma anche delle sue osservazioni metalinguistiche e dei suoi interventi lessicografici, sappiamo molte cose, sia sul versante primario, quello italiano, sia sui versanti, ai nostri occhi secondari ma comunque importanti, del latino e pavano. Il merito principale va a Maria Luisa Altieri Biagi, autrice nel 1965 di una monografia sull'argomento, e poi di due interventi nella Storia della letteratura Einaudi, di numerosi contributi in diverse opere, fino alla sintesi pubblicata nell'*Enciclopedia dell'italiano* della Treccani (2011) [4].

## 2 La scelta dell'italiano come lingua della scienza

Naturalmente, la questione centrale è la scelta galileiana dell'italiano come lingua della scienza, superando la tradizione che vedeva nel latino lo strumento di elezione per la diffusione delle conoscenze scientifiche (e tale rimarrà, accanto all'italiano, fino agli ultimi decenni del Settecento).

L'esigenza di sostituire l'italiano, il «volgare» al latino della tradizione rimonta al Quattrocento: di «fame di lessico e di strutture morfosintattiche» parla Maria Luisa Altieri Biagi [5]. La produzione scientifica in volgare precedente a Galilei è probabilmente più ampia di quanto tuttora siamo in grado di documentare: volgarizzamenti, testi didattici, opere divulgative, trattati operativi. Il pubblico di queste opere era costituito dai «meccanici», quelli che oggi chiameremmo «tecnici»: medici empirici, chirurghi, levatrici, ingegneri, architetti, idraulici, esperti di artiglieria, di fortificazioni, di balistica.

Si era costituita una precisa distribuzione dei codici: le arti pratiche utilizzavano il volgare, la scienza il latino. È questo il primo merito di Galilei: quello di abbattere il solco che divideva i tecnici dagli scienziati, i pratici dagli speculativi. Lo fa, certo, adottando la lingua dei primi, l'italiano, ma non le scelte lessicali e stilistiche. Non solo perché tale lingua è una lingua «bassa», «concreta», non utilizzabile automaticamente per parlare e scrivere di scienza; ma anche, e soprattutto, perché è inadatta a rivolgersi efficacemente al pubblico al quale Galilei voleva rivolgersi. È questa la rivoluzione comunicativa di Galilei, ancora prima della scelta dell'italiano, che è semplice conseguenza della scelta primaria: quella di individuare un pubblico per le sue opere. Il pubblico cercato da Galilei è costituito, oltre che dagli esperti del settore (ma non i «filosofi» attardati e attestati, autoreferenzialmente, sulle conoscenze tradizionali), dal ceto colto del tempo, compresi i potenti che potevano dare a Galilei le risorse per le sue ricerche.

L'italiano galileiano non poteva essere, quindi, l'italiano dei «vili meccanici», bensì una lingua letteraria capace di piegarsi alle esigenze della tecnica e della scienza: una lingua, quindi, da una parte funzionale ai concetti da trasmettere, ma dall'altra caratterizzata da eleganza e stile sostenuto; un italiano che deve risultare stilisticamente efficace, puntando prima di tutto alla chiarezza (in base alla considerazione che «parlare oscuramente lo sa fare ognuno, ma chiaro pochissimi», come Galilei afferma nelle *Considerazioni al Tasso*).

L'attenzione al pubblico così identificato permette a Galilei di compiere un vero e proprio atto di coraggio: se da una parte, infatti, la sua scelta linguistica gli consente di raggiungere i colti e i potenti degli stati italiani in cui si è trovato a operare, lo obbliga a recidere il legame linguistico, e quindi a ridurre le possibilità di contatto con gli scienziati di altri paesi (al punto che dall'estero continueranno a giungere richieste di traduzioni in latino dei suoi scritti, secondo un bisogno opposto e speculare a quello che per anni aveva portato al volgarizzamento delle opere scritte in latino).

Scegliendo l'italiano al posto del latino, ma rinunciando al consolidato linguaggio dei «tecnici» a favore di un italiano letterariamente sostenuto, Galilei si è trovato nella necessità di creare, praticamente dal nulla, la moderna prosa scientifica italiana. Per farlo ha dovuto esercitare la sua potente capacità riflessiva e creativa sia sulla scelta del genere discorsivo, sia sulla sintassi sia sul lessico. Quali siano state le direzioni verso le quali ha operato le ha indicate molto bene la già citata più volte M. L. Altieri Biagi, ora, riassuntivamente, nel contributo nell'*Enciclopedia dell'italiano*.

### 3 I generi discorsivi

La prima conseguenza dell'individuazione da parte di Galilei di un pubblico specifico per le sue opere riguarda le forme testuali nelle quali far ricadere il suo pensiero. Galilei scrisse (mantengo la sua terminologia) trattati, discorsi, dialoghi, lettere. I trattati appartengono alla fase iniziale della sua produzione (sono della fine del Cinquecento il *Trattato della sfera*, pubblicato postumo, il *Trattato di fortificazione*, *Le mecaniche* che, anche se il titolo non lo dichiara, sono un trattato). Ma ben presto il trattato viene abbandonato per il discorso (*Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua*, 1612; *Discorso del flusso e reflusso del mare*, 1616; *Discorso*

*delle comete*, 1619); negli stessi anni ai discorsi si affiancano le lettere (naturalmente non le lettere personali, ma quelle che fungono da strumento per diffondere ragionamenti ed esporre idee), per giungere, infine, al dialogo, forma nella quale si esprime la sua opera maggiore, il *Dialogo sopra i massimi sistemi* del 1632 e anche l'altra sua opera capitale, i *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica ed ai movimenti locali*, pubblicato nel 1638 (anche se non esibisce, nel titolo, il suo carattere di dialogo).

Il trattato, opera per sua natura sistematica e statica, è adatto a presentare i risultati raggiunti, ma non il processo che sta alla spalle delle conclusioni; mal si presta, quindi, a sviluppare un ragionamento che presenti, e poi sciogla, dubbi, che ponga domande, che esponga discussioni. Galilei opta, allora, per forme testuali che permettano di rappresentare il processo euristico che precede l'individuazione delle conclusioni, le giustifica e le motiva. In questo senso il dialogo rappresenta l'acme di questa prospettiva: l'introduzione in scena dei portatori delle diverse posizioni permette, anche, di riportare nel testo il processo dialettico, primariamente orale, su cui si basa la ricerca, un processo che si basa sul ragionamento e non è fatto solo di "scoperte".

La scelta del dialogo, poi, risulta coerente con la letterarietà che Galilei ha sempre inteso dare alle sue opere in italiano. Non è un caso che il dialogo, a parte qualche infelice precedente in ambito scientifico, era un genere che aveva avuto una straordinaria fioritura nella letteratura rinascimentale e, in quanto tale, poteva essere un involucro particolarmente utile ad agganciare il pubblico colto che era il vero obiettivo comunicativo dello scienziato.

### 4 La sintassi

Coerentemente con la volontà di imprimere alla sua scrittura un carattere di eleganza e letterarietà, la base fondamentale della sintassi galileiana è l'ipotassi. L'impianto ipotattico, cioè dei diversi livelli di subordinazione, tuttavia, non riduce la chiarezza e l'efficacia della prosa galileiana, perché la complessità sintattica è sempre guidata da una stretta coerenza logica e da una forte coesione linguistica. Ma su questa base, si innesta la caratteristica innovativa principale, il potenziamento delle strutture nominali,

ridimensionando parallelamente l'importanza del verbo (secondo un principio sintattico che, amplificato ed estesosi nei decenni, è tuttora alla base della sintassi scientifica). Sono poche le frasi nominali in senso stretto (cioè frasi totalmente prive di verbo), come la seguente tratta dal *Dialogo dei massimi sistemi*: «regola eccellente per non saper mai conoscer né i moti né i corpi». Non è questa, però, la forma in cui si realizza principalmente lo stile nominale. Quello che accade più frequentemente è lo spostamento sul nome di funzioni abitualmente ricoperte dal verbo o il concentrarsi sul nome del peso semantico della frase: per es., nella frase «Se io avessi mai detto che l'universo non si muove per mancamento di virtù del Motore, io avrei errato», uno dei termini chiave è *mancamento* che aggira la necessità di una frase verbale (analogamente accade nell'aggettivo *seguace* della frase «aria aperta e non seguace del corso della nave»). Insomma, risale già a Galilei una caratteristica tipica del linguaggio scientifico, quella di dare spazio a verbi semanticamente generici (a fronte di sostantivi semanticamente precisi e specifici, che spesso assumono la reggenza sintattica dei verbi che sostituiscono: per es. «io ritorno nella mia incredulità, e nella medesima *sicurezza che l'esperienza sia stata fatta da gli autori principali che se ne servono*»).

Nella stessa direzione procede l'ampliamento di un verbo nella sequenza di verbo fraseologico + sostantivo (per es. «facciano acquisto d'impeti eguali», invece di «acquistino impeti eguali»; oppure «tenghiamo dunque memoria», «se vorrò conservare la memoria de' dubbi», «delle quali io terrò memoria a parte», «ritenete dunque in memoria» invece di usare direttamente un verbo come *rammemorare*, o un altro sinonimo di *ricordare*). Nella stessa direzione va l'uso delle forme nominali del verbo (il participio presente: «Voi stimate [...] la Terra, per la sua asprezza, non potente a far simile recessione», il participio passato: «ma non è l'orbe lunare una delle celesti sfere, e, secondo il consenso loro, compresa nel mezzo di tutte l'altre?»).

Anche la frequenza del passivo, che ha primariamente una ragione semantica (focalizza la frase sul processo invece che sull'agente), è coerente con lo stile nominale, in quanto concentra la trasmissione del significato del verbo sul participio passato, mentre attribuisce al verbo finito, la forma dell'ausiliare *essere*, la sola funzione morfosintattica di dare le informazioni di tempo, modo e persona.

## 5 Il lessico

Le scelte terminologiche di Galilei si orientano in tre direzioni: nel ricorso a parole della tradizione speculativa precedente o del lessico comune opportunamente risemantizzate e ridefinite; nell'espressione di una propria creatività lessicale, che comporta la coniazione di parole nuove, tratte per lo più dal lessico comune; nel recupero, spesso guardingo, della precedente terminologia volgare delle «arti meccaniche».

Per il primo filone, pensiamo a tutto il lessico base della fisica, che tuttora è costituito di parole che vengono, o venivano, usate, in altro significato, nella lingua comune. Basti pensare a parole come *forza*, *gravità*, *momento*, *mobile*, *peso*, *resistenza*, *velocità*, tutte (tranne forse *mobile*) tuttora in uso nel lessico della fisica, che troviamo concentrate in due battute quasi contigue del *Dialogo*, la prima di Salviati, la seconda di Sagredo:

Bisogna pur, signor Sagredo, dire che qui si lavori con altra resistenza e con altra forza, che con quella della semplice gravità.

Ma credete voi che la velocità ristori per l'appunto la gravità? cioè che tanto sia il momento e la forza di un mobile, verbigrazia, di quattro libbre di peso, quanto quella di un di cento, qualunque volta quello avesse cento gradi di velocità e questo quattro gradi solamente?

Termini tecnici introdotti (non necessariamente coniati) da Galilei sono, poi, *alone*, *bilancetta*, *candore*, *ciambella*, *macchia*, *pendolo*, *nastro circolare*, *rasoio rotondo*, *scodella*, *titubazione*: si tratta, come si vede, di parole tratte dalla lingua comune, che poi sono state via via tecnicizzate. Va rilevato, che i termini usati da Galilei spesso si contrappongono a sinonimi che si presentano secondo il più accreditato processo di formazione di parole scientifiche, quello che ricorre a basi latine e greche: così la *bilancetta* si oppone a *idrostanto*, o *cannocchiale* a *telescopio* (che pure è la forma più usata nel *Dialogo dei massimi sistemi*, ma non nell'insieme dell'opera galileiana).

Per quel che riguarda, infine, la terminologia delle arti meccaniche, è rilevante non solo l'uso che ne fa Galilei, ma anche le cautele con cui le introduce nel discorso (degli attenuativi come, in uno degli esempi che seguono, «vogliamolo chiamar»). Riprendendo gli esempi portati da

M. L. Altieri Biagi nella voce dell'*Enciclopedia dell'italiano* già citata: «un picciolo contrapeso, il quale adimandano *romano*», «robustissime funi, che mi par che domandino *suste*», «Inserto il legno, o vogliamolo chiamar *zaffo*», «i quali pesi mi pare che gli addimandino *berte*».

## 6 Le osservazioni metalinguistiche

Alla base delle scelte lessicali di Galilei, c'è però una precisa consapevolezza dell'arbitrarietà del segno linguistico, e in particolare dell'arbitrarietà della creazione terminologica: «le definizioni de' termini, sendo arbitrarie, non possono mai esser cattive; le definizioni de' termini non possono depravar le dimostrazioni, se non quando essi termini fosser definiti in un modo e applicati poi alle dimostrazioni in un altro»; ne consegue il carattere di convenzione di ogni parola, che non è altro che un modo rapido per giungere a un concetto («Sono le definizioni dei matematici una imposizione di nomi, o vogliam dire abbreviazioni di parlare»). Ma conoscere, o imparare, il termine non significa necessariamente conoscere, o aver imparato il concetto («Ed io ancora mi accorgo che voi intendete la cosa, ma non avete i termini proprii da esprimerla: or questi ve gli posso ben insegnar io; insegnarvi, cioè, delle parole, ma non delle verità, che son cose»).

Su quanto, poi, risulti chiara a Galilei la procedura dell'«imposizione dei nomi», ci illumina quest'ultimo passo: «essendo al mondo tanti linguaggi diversi, e contenendo ogni linguaggio migliaia di nomi, imposti tutti da uomini a loro beneplacito, ben abbia potuto il Sig. Galileo ancora introdurne uno per suo uso, con dichiararne prima distintamente il significato».

## 7 L'innovazione lessicale di Galilei

Lo spirito innovativo di Galilei si rivela anche dal buon numero di parole dell'italiano corrente che, al momento, risultano attestate per la prima volta nei suoi scritti. Ciò non significa che si tratti necessariamente di coniazioni galileiane; significa che Galilei sia stato il primo tra gli scrittori che fanno parte del canone utilizzato dagli autori di vocabolari storici o etimologici a lasciar traccia nei suoi scritti di queste parole. Utilizzando la banca data dell'aggiornamento, ancora in corso, del DELI-Dizionario Etimologico della Lingua Italiana [6], possiamo citare parole provenienti da ambiti diversi. Ci sono alcune delle voci già citate: non c'è *cannocchiale*, attestato per la prima volta in G. Biancani, ma c'è *pendolo*; termini della matematica e della geometria (*circoscritto* 'di poligono i cui lati siano tutti tangenti a una circonferenza interna', *conico*, *ellisse*, *ellittico*, *esaedro*, *esponente*, *estrazione*, *frazione*, *parabolico*, *sottrazione*), della fisica o dell'astronomia (*cerchio polare* 'circolo polare', *eclissare*, *effemeride*, preceduta di pochi anni, in un altro autore, da *efemeride*, *effluvio* 'sprigionarsi di minutissime particelle che si separano da un corpo solido, liquido o aeriforme per perdersi nell'atmosfera', *emanazione*, *equilibrare*, *espansione*, *estrazione*, *flessura*, *fluido*, *parallasse*, *permeabile*, *pressione*, *satellite*, *scintillazione*), di ambito medico (*bruciore*, *climaterico*, *flussione*), di tecnica delle fortificazioni e balistica (*bastionata*, *calibro*, *sbalestramento*), parole che riguardano la metodologia della ricerca o l'esposizione dei risultati (*criterio*, *disquisizione*, *elaborare*, *elucubrare*, *esattezza*, *espressione*, *pennellata* 'elemento descrittivo di particolare vivacità', *plausibile*, *postulato*, *precisione*, *scandagliare* 'tentare di conoscere'), ma anche parole di uso comune (per es. *capannone*, *condotta*, *copia*, *curiosità*, *delicato*, *esitare*, *frivolezza*, *in difetto*, *padri della Chiesa*, *polverizzazione*, *strisciare*).



## 8 Galilei e la Crusca

Vi è un ultimo aspetto che rivela l'interesse di Galilei per il lessico italiano: l'influenza che lo scienziato, che fu anche Accademico della Crusca, esercitò nella prima revisione del Vocabolario degli Accademici, quella che portò dalla prima edizione del 1612 alla seconda del 1623.

Sono almeno tre le voci in cui si riconosce il suo intervento. Innanzitutto *momento*: nella prima edizione appare solo il significato di «Brevissimo spazio di tempo»; nella seconda viene aggiunto il senso scientifico: «Per quella forza, peso, o violenza, che acquistano i corpi gravi nel muoversi naturalmente verso il lor centro, termine di meccanica».

Poi, *vite*. La breve definizione dell'edizione del 1612 («E VITE strumento. Vite di strettoio»), viene così ampliata nell'edizione successiva: «E VITE strumento meccanico, che anche si dice chiocciola, composto d'un cilindro solido, e d'un cavo, intagliati amendue a spira: il solido entra nel cavo, e le loro intagliature s'adattano in maniera insieme, che il pieno dell'una, riempiendo il voto dell'altra, uniscono di maniera i detti cilindri, che non si possono disgiugnere, se non girandone un di loro in se stesso. Fassene di legno, di ferro, e d'ogni metallo, per uso di premere, o di strignere insieme. I manifattori di detto strumento, chiamano propriamente il solido vite, e'l cavo chiocciola».

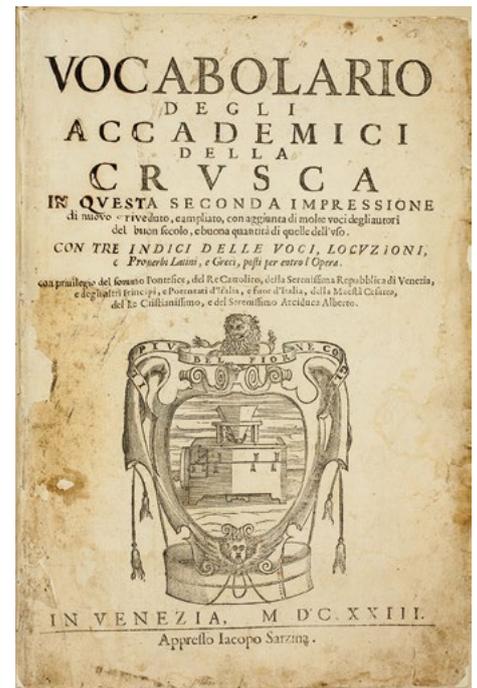
Infine, *poli*. Nel 1612 sono «que' due punti immaginari nel Cielo, intorno a' quali si volgono le sfere celesti». Nel 1623 diventano «due punti termini dell'asse, intorno a' qua' si volgon le sfere».

Dagli interventi di Galilei, dunque, il Vocabolario della Crusca, di matrice fortemente letteraria, già nel Seicento acquisisce una maggiore precisione nel trattare alcuni termini delle arti o della scienza.

## 9 Il latino di Galilei

I giudizi sul latino di Galilei non sono lusinghieri. G. B. Pighi [8] rappresenta una valutazione generalmente condivisa: «Come scrittore latino è senza dubbio inferiore al Keplero [...] ma anche ai molto più modesti autori degli altri scritti latini provocati dal *Sidereus Nuncius*». Anche la più recente studiosa dell'argomento, F. R. Berno [9], definisce il latino dello scienziato «spoglio e semplice, privo di orpelli retorici». Tuttavia riconosce anche alcuni pregi letterari della scrittura del *Sidereus Nuncius* (come la ripresa di stilemi classici, frutto della discreta conoscenza del latino posseduta da Galilei; la diversificazione stilistica, tipica del tempo, fra proemio, ipotattico e stilisticamente costruito sulla base di stereotipi retorici, e corpo del trattato, più sobrio ed essenziale; la presenza di similitudini, come quella fra luna e terra, che hanno precedenti nella cultura classica); ma, soprattutto, la studiosa nota la cura stilistica del testo, come traspare dall'analisi dell'evoluzione della scrittura, dal manoscritto alla versione a stampa. «A fronte dell'esigenza di chiarezza e precisione si avverte dunque una cura stilistica, sia sintattica che lessicale, ferma restando la semplicità della scrittura: una sobrietà che pare decisamente frutto di una scelta consapevole».

La sobrietà del latino di Galilei sarebbe dunque lo strumento, consapevole, delle esigenze di chiarezza, univocità, salda coerenza testuale del trattato. La minore vivacità del latino di Galilei rispetto al suo volgare si spiega quindi, sì, con il limitato dominio della lingua latina, ma anche con le diverse finalità degli scritti in latino rispetto agli scritti in italiano: il pubblico di riferimento è, per forza di cose, più tecnico e specialistico di quello a cui sono rivolti gli scritti in italiano.



Frontespizio del Vocabolario degli Accademici della Crusca, in Venezia, appresso Iacopo Sarzina, 1623 (Biblioteca dell'Accademia della Crusca, Rari.a.21).



Disegno a penna della pala di Galileo Galilei il Linceo, Raccolta d'imprese degli Accademici della Crusca, in Firenze, 1684 (Biblioteca dell'Accademia della Crusca, MS 125). La pala è un omaggio postumo degli Accademici a Galilei. La scritta in calce "Occhiale per cui si osserva la spiga della Vergine celeste" si riferisce al cannocchiale che punta a quella costellazione, della quale Spiga è la stella principale. "Non mi ti celerà l'esser si bella" dice a Dante l'anima di Piccarda Donati nel Paradiso (Canto III, v. 48).

## 10 Galilei e il pavano

L'ultima tessera del plurilinguismo galileiano è il pavano, cioè la realizzazione letteraria del dialetto del contado patavino (opportunosamente enfatizzato a fini espressionistici), che si affiancava, nell'esperienza linguistica di Galilei durante il soggiorno a Padova, al dialetto venezianeggiante parlato nelle cerchie cittadine [10].

Galilei si rivolse agli scritti in pavano con curiosità e ne acquistò una buona conoscenza, come si deduce dalle lettere di alcuni suoi corrispondenti, che non temono di scrivergli in pavano, e da qualche inserto presente in alcune sue lettere. Una conoscenza che fa sì che più di uno studioso (ma non Marisa Milani) abbia ipotizzato un suo ruolo di coautore nel

*Dialogo de Cecco di Ronchitti da Bruzene in perpusito de la stella nuova*, pubblicato a Padova nel 1605: un'opera nella quale il pavano, così fortemente marcato di rusticità, viene utilizzato per la trattazione di un argomento scientifico. Ne consegue il ricorso alla terminologia filosofica e scientifica fonno-morfologicamente adattata al pavano (basti pensare al *prealasse*, dialettalizzazione di *parallasse*, che addirittura anticipa la prima attestazione in italiano).

Difficile pensare davvero a un coinvolgimento di Galilei nella redazione del Dialogo in pavano. Il contatto con questo idioma va ricondotto, ancora una volta, all'interesse galileiano per la letteratura e circoscritto a una competenza passiva, per quanto attenta e appassionata.

### Bibliografia

- [1] G. Devoto, "Profilo di storia linguistica italiana", in appendice a L. Caretti, "Avviamento allo studio della letteratura italiana" (La Nuova Italia, Firenze) 1953, p. 249.
- [2] E. Panofsky, *Isis*, 47 (1956) 3-15.
- [3] B. Migliorini, Premessa, in M. L. Altieri Biagi, "Galileo e la terminologia tecnico-scientifica" (Olschki, Firenze) 1965, p. V.
- [4] M. L. Altieri Biagi, "Galileo e la terminologia tecnico-scientifica" (Olschki, Firenze 1965); "Forme della comunicazione scientifica", in "Letteratura italiana", diretta da A. Asor Rosa (Einaudi, Torino) 1984, vol. 3° (Le forme del testo), pp. 891-947; "Il Dialogo sopra i massimi sistemi", in "Letteratura italiana. Le Opere", diretta da A. Asor Rosa (Einaudi, Torino) 1993, vol. 2° (Dal Cinquecento al Settecento), pp. 893-971; "Galilei, Galileo", in "Enciclopedia dell'italiano", I, diretta da Raffaele Simone (Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma) 2010, pp. 548-551.
- [5] M. L. Altieri Biagi, "Il lessico della passione conoscitiva in Galileo", in "La lingua di Galileo, Atti del convegno Accademia della Crusca", 13 dicembre 2011, Firenze, a cura di E. Benucci e R. Setti (Accademia della Crusca, Firenze) 2013, pp. 3-16.
- [6] M. Cortelazzo e P. Zolli, "DELI - Dizionario etimologico della lingua italiana", seconda edizione a cura di M. Cortelazzo e M. A. Cortelazzo (Zanichelli, Bologna) 1999.
- [7] P. Manni, "Galileo accademico della Crusca. Esperienza galileiana e cultura linguistica nella Firenze del primo Seicento", in "La Crusca nella tradizione letteraria e linguistica italiana", Atti del Congresso Internazionale per il IV Centenario dell'Accademia della Crusca, (Accademia della Crusca, Firenze) 1985, pp. 119-136.
- [8] G. B. Pighi, "Il latino di Galileo Galilei", in "Saggi su Galileo", a cura di C. Maccagni (Barbera, Firenze) 1972, pp. 541-550.
- [9] F. R. Berno, "Appunti sul latino di Galileo Galilei", Atti e Memorie dell'Accademia Galileiana di Scienze, Lettere ed Arti, CXIX (2006-07), pp. 15-37.
- [10] Sull'argomento, il punto della situazione è stato fatto, con ricchezza di conoscenze e con precisione, L. Tomasin, "Galileo e il pavano: un consuntivo", *Lingua Nostra*, LXIX, 2008, pp. 23-36.

#### Michele Cortelazzo

Michele Cortelazzo è Professore Ordinario di Linguistica italiana nel Dipartimento di Studi linguistici e letterari dell'Università di Padova, di cui è Direttore. Insegna anche all'Università di Rijeka (Fiume). In precedenza ha insegnato a Saarbrücken, Innsbruck, Venezia, Trieste, Ferrara. È socio corrispondente dell'Accademia della Crusca. Autore di oltre 200 contributi scientifici (i più importanti dei quali si trovano riuniti in tre raccolte: *Lingue speciali. La dimensione verticale*, Padova, Unipress, 1990; *Italiano d'oggi*, Padova, Esedra, 2000; *I sentieri della lingua. Saggi sugli usi dell'italiano tra passato e presente*, Padova, Esedra, 2012), si occupa soprattutto dell'italiano contemporaneo e di lingue speciali (linguaggio giuridico, linguaggio medico, linguaggio scientifico). Tra i suoi saggi di argomento non contemporaneistico, si segnala quello sulla seconda edizione del Vocabolario dell'Accademia della Crusca.

# CIRCUMVENTING THE DIFFRACTION LIMIT

THE NOBEL PRIZE IN CHEMISTRY 2014

ALBERTO DIASPRO

*Department of Nanophysics-Nikon Imaging Center, Istituto Italiano di Tecnologia, Genova, Italy*

*Department of Physics, University of Genova, Genova, Italy*

*"Don't believe what your eyes are telling you.  
All they show is limitation. Look with your understanding."  
Richard Bach, Jonathan Livingston Seagull*

The Royal Swedish Academy of Sciences awarded Eric Betzig, Stefan W. Hell, and William E. Moerner the Nobel Prize in Chemistry 2014 "for the development of super-resolved fluorescence microscopy". The impact of such a development is extremely relevant for scientists that are now able to address important biological and biophysical questions at the single molecule level in living cells. For instance, the way individual molecules form synapses across the brain neural network, or proteins aggregate when developing Parkinson's, Huntington's or Alzheimer's diseases, or nuclear pore complexes and chromatin-DNA spatial organize themselves when developing a cancerous disease are only few of the new case studies experienced under a new perspective. In the last 40 years, optical fluorescence microscopy, due to its inherent ability of imaging living systems during their temporal evolution, had a continuous update on three main tracks, namely: three-dimensional imaging, penetration depth at low perturbation and resolution improvements. However, computational optical sectioning, confocal laser scanning, two-photon excitation and super-resolved methods can be considered as milestones in optical microscopy. The use of fluorescence is a key process: only the molecules of interest, properly labeled, produce the signal at the basis of the image formation process, [fig. 1](#) [1]. It is a matter of fact that optical microscopy had to tackle with a physical limitation: using glass lenses it would never achieve a spatial resolution better than approximately half the wavelength of light being used. Circumventing this limit has been obtained by the Nobel Laureates on Chemistry 2014 ([www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org)) utilizing fluorescent molecules. Such avant-garde result has driven optical microscopy to the nanoscale dimension.

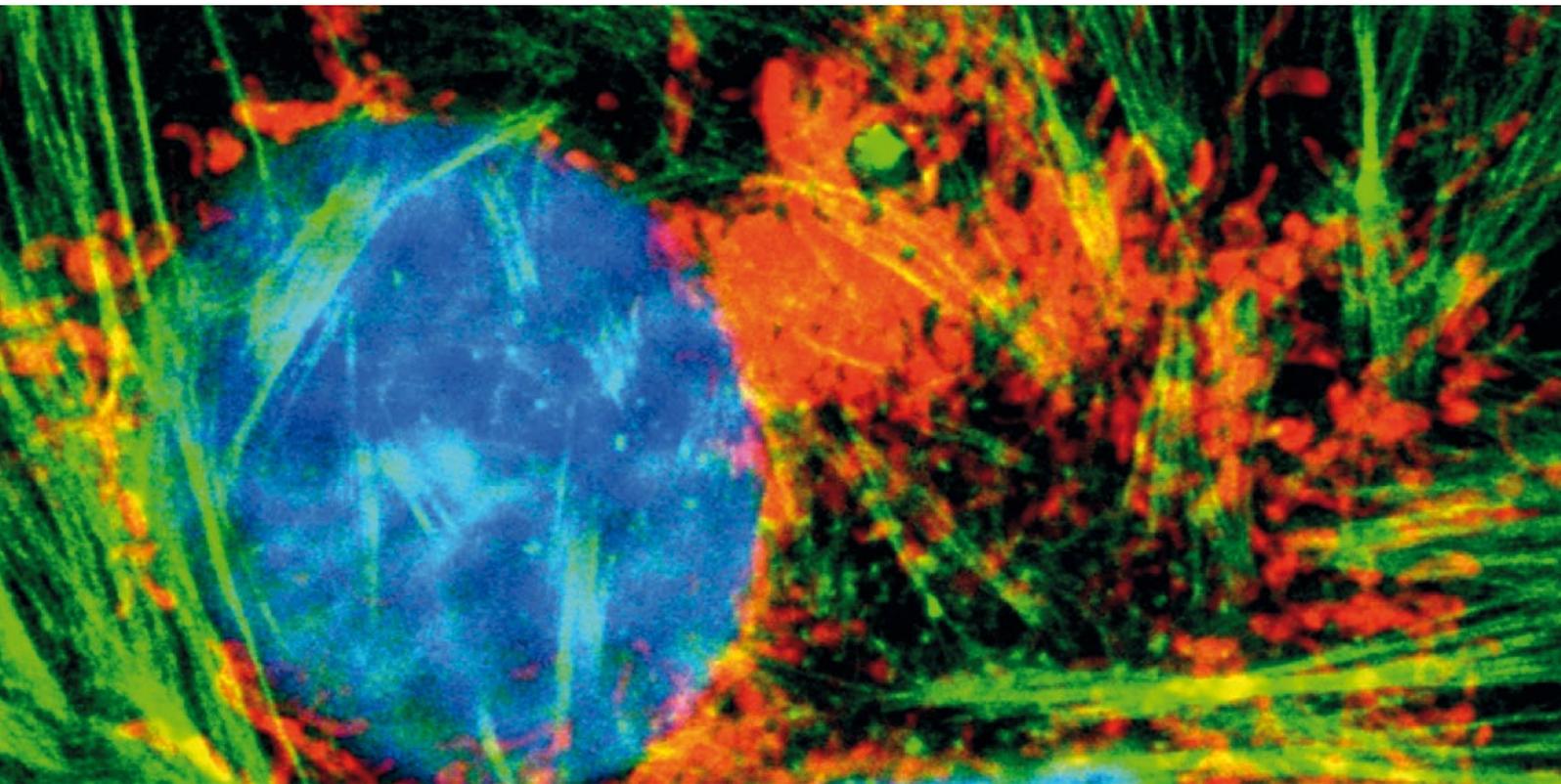


Fig. 1 Fluorescence image of a biological cell. Due to high biochemical affinity for compartments blu, red and green are related to DNA, mithcondria and actin filaments, respectively.

## 1 Optical microscopy and spatial resolution

The optical microscope, using “round shaped glasses”, allows seeing better details than the ones one can get with the naked eye. Even if its use is still controversial, the Nimrud lens or Layard lens is a 3000-year piece of rock crystal, discovered at the Assyrian palace of Nimrud, that may have been used as a magnifying glass, or as a burning-glass also being considered as a piece of decorative inlay. However, both Seneca the Younger (3 BC–65) and Gajus Plinius (23–79 AD) described the magnification properties of a water-filled spherical glass container. Later, the English philosopher Roger Bacon in 1267, also influenced by al-Kindī (801–873) known as “the Philosopher of the Arabs”, argued how “[We] may number the smallest particles of dust and sand by reason of the greatness of the angle under which we may see them”. In 1538, the Italian physician Girolamo Fracastoro reported that “If anyone should look through two spectacle glasses, one being superimposed on the other, he will see everything much larger.” Around 1590 three Dutch opticians —Hans and Zacharias Jansen, and Hans Lippershey— invented the compound microscope. Anyway, Johannes Faber, fellow of the Accademia dei Lincei, in 1625, in a letter to Federico Cesi, conceived the term microscope writing the milestone

sentence “*microscopium nominare libuit*” referred to Galileo Galilei’s “small eyeglass” (occhialino). Besides, a quantitative leap in optical microscopy came in 1873, when the physics of lens construction was examined by German physicist Ernst Abbe. The most popular relationship to address the spatial resolution performances of an optical microscope in the observation plane ( $x$ - $y$ ) is the so-called Abbe’s formula:

$$(1) \quad d = \lambda / 2n \sin \alpha,$$

where  $d$  is the minimum recognizable separation distance between two points,  $\lambda$  is the wavelength,  $n$  is the refractive index of the medium between the lens and the object and  $\alpha$  is the semi-aperture angle of the lens being used.

Moreover, the normally worse resolution in the axial direction ( $z$ ) can be approximated by

$$(2) \quad d = \lambda / 2n (\sin \alpha)^2.$$

A more precise and formal approach for spatial resolution can be based on the point spread function (PSF) that for a space-invariant linear system is related to Dirac’s impulse response. Similarly, we could switch to a description in terms

of communication channels dealing with spatial frequencies in the Fourier space. The cut-off frequency is set with the inverse of the Abbe limit:

$$(3) \quad \omega_{\text{cut off}} = 2\pi(2n\sin\alpha)/\lambda.$$

As a consequence of the convolution between the point source and the point spread function the Fourier transform of the image transmitted by the microscope is band-limited. The lack of high frequencies in the formed image is the reason for the limited resolution. It is worth noting that since Abbe considered a fine grating placed on an optical microscope for his lens study, the Abbe formula brings a resolution definition referred to the object's spatial frequencies that fits well with the Rayleigh definition.

## 2 Super-resolution

Now, resolution is not a fundamental limit. The limit is set by concepts of information theory [2, 3]. The term of super-resolution is sometimes utilized outside rigorous treatments. Lukosz proposed that all super resolution approaches can be treated using the theorem of invariance of the number of degrees of freedom of an image formation system. Cox and Sheppard combined Felgett and Linfoot and Lukosz results in terms of information capacity. The key point lies in the fact that, considering confocal imaging, the case of super resolution by analytic continuation was treated. Super-resolution can be used to describe a number of fundamentally different schemes. One class is related to sharpening up the point spread function while the spatial bandwidth does not change. This is the Toraldo di Francia approach related to super-gain antennas and super-resolving pupils. Resolution is increased at the expense of the field of view. This class includes digital deconvolution. Another class, called restricted super-resolution, is based on modulation/demodulation (coding/decoding) and multiplexing. A third interesting class, unrestricted super-resolution, allows increasing the cut-off frequency without a fundamental restriction. Today we use the term super-resolution in a broad sense to indicate the ability of discerning details below the Abbe limit and in the very special case of fluorescence as predicted by Mc Cutchen in 1966.

What is revolutionary, in my view, is the fact that, with the methods developed by Eric Betzig, Willy Moerner and Stefan Hell, there is theoretically no limit and at the very same time there is the possibility of tuning the spatial resolution according to the scientific question posed [4, 5].

## 3 Circumventing the diffraction barrier

Since the advent of confocal and two-photon excitation laser scanning microscopy [6], merging the concept of reducing the field of view and of improving the signal-to-noise ratio, improvements in spatial resolution have been achieved at the expense of time. Resolution improvements have been made with confocal [7, 8] and two-photon excitation microscopy [9-11]. These methods and related advances have been a relevant scientific and experimental basis for the development of super-resolution approaches.

The image formed by the modern super-resolved fluorescence microscopes does not come from a "multi-point" one shot picture recorded on a photosensor but is something like a pointillist painting made using a "super fine" brush. The key of success comes from the merging of optics with photophysics/chemistry of fluorescent molecules. In the far field, resolution improvements have been achieved with confocal and two-photon excitation microscopy. The suppression of fluorescence background, since the very first attempts in spectroscopy, is a common aspect and is a key factor especially when imaging a real three-dimensional specimen from the single cell to organs and tissues. In order to improve resolution and to make imaging spatial isotropic, important improvements in the axial direction (see eqs. (2), (3)) have been realized by means of 4PI and I<sup>5</sup>M [12]. Structured Illumination Microscopy (SIM) allowed a further improvement of Abbe's limit by using interference patterns. However, in their initial implementations such methods remained confined by Abbe's limit of resolution rule. In the near field, resolution has been successfully attacked by different implementations with the main drawback of being limited to surfaces [13].

Super-resolved fluorescence microscopy is based on preventing the simultaneous emission of adjacent spectrally identical fluorophores. The most successful approaches for getting super-resolution in fluorescence optical microscopy have been classified as "super-resolved ensemble fluorophore microscopy" or targeted readout methods and "super-resolved single fluorophore microscopy" or stochastic readout method, respectively.

Now, the implementation of the first principle, related to the S. W. Hell research, for getting super-resolution in the far field, dates back to the original work by Hell and Wichmann [14]. It is known as STED (Stimulated Emission Depletion) and utilizes the general concept of RESOLFT (REversible Saturable Optical Fluorescence Transitions) [15]. Considering an ensemble of molecules excited by a diffraction-limited light beam, stimulated emission depletion of fluorescence affects all molecules in the sample except

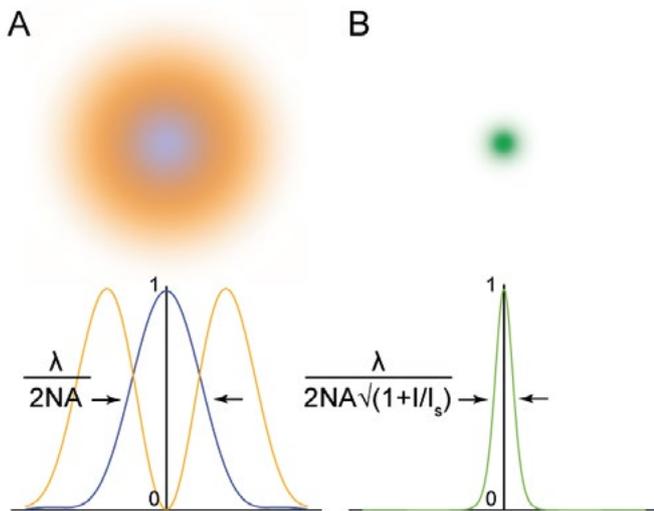


Fig. 2 Sharpening of the point spread function from the diffraction-limited case (A) to the unlimited resolution provided by STED (B) according to eqs. (1) and (4), respectively.

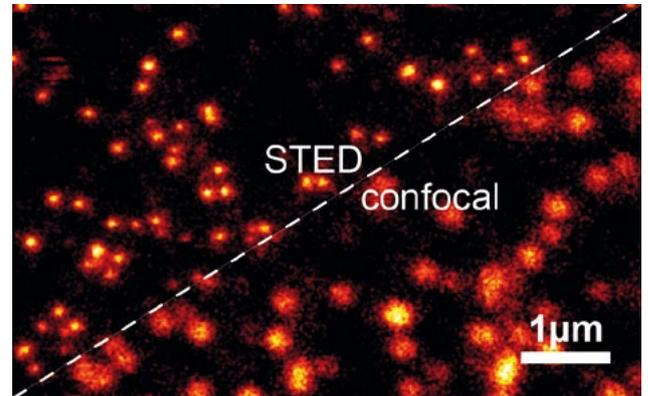


Fig. 3 STED versus Confocal imaging of subresolved fluorescent beads (40 nm diameter).

those in a very small controlled region. Such a region can be arbitrary smaller than the diffraction-limited excitation spot by saturating stimulated emission. An image, as for the confocal or two-photon excitation microscopy case, can be formed by scanning the light spot defining the fluorescing region across the sample. Gustafsson [16] implemented this principle in the so-called Saturable Structured Illumination Microscopy (SSIM). Both methods, STED, and SSIM, produce spatial frequencies higher than Abbe's cut-off one. An *a priori* information linked to the STED method lies in the knowledge of the position of the scanning beam. The second principle, related to the E. Betzig and W. E. Moerner research, is implemented considering the *a priori* information that all photons detected from a sample at a certain time come from individual fluorescent molecules that are spatially located in a sparse way, *i.e.* are spatially separated by distances higher than the resolution limit. This fact allows to determine with a very high precision the position of the individual molecules.

It is self-evident how, in both cases, the spatial resolution is improved at the expense of time, as in confocal and two-photon excitation laser scanning microscopy.

#### 4 Super-resolved ensemble fluorophore microscopy – Targeted readout approach

At the beginning of the 1990s, Stefan Hell quantitatively demonstrated the experimental conditions for the novel concept of Stimulated Emission Depletion (STED) microscopy [14, 17]. Then he developed a fluorescence microscope to provide the experimental proof-of-principle of functioning

of STED microscopy. Two laser beams are used in a scanning scheme. The former is used to excite fluorophores in the sample within a diffraction-limited spatial region (circular shape), the latter is typically red-shifted with respect to the first beam and provides a high-intensity profile endowed with a zero intensity minimum in the focal region that grows in all directions from the focus (donut shape). The role of the second beam, usually called STED beam, is to rapidly “push” fluorophores that have been excited by the first beam to the ground state, passing for a high vibrational energy state of the electronic ground state. By optimizing beam characteristics and pulse sequences for the excitation and STED beams, fluorescence excited by the first beam is extinguished everywhere except in the region close to the zero of the STED beam.

Increasing the STED beam intensity ( $I$ ) makes this region considerably shrinking as the probability of depleting grows, [fig. 2](#). The resulting extension of the fluorescing region in the lateral plane scales like

$$(4) \quad d = \lambda / (2n \sin \alpha \sqrt{1 + I/I_{\text{sat}}}),$$

which can be regarded as an extension of Abbe's equation, which approximates the diffraction limit, [fig. 3](#).

It follows from this expression that Abbe's limit hampering resolution has been cancelled. One can see the sharpening of the fluorescing region as an approaching Dirac's function of the illuminated region. The diffraction-limited focal spot can be made infinitely small as driven by the ratio between the intensity of the STED laser beam and photophysical property

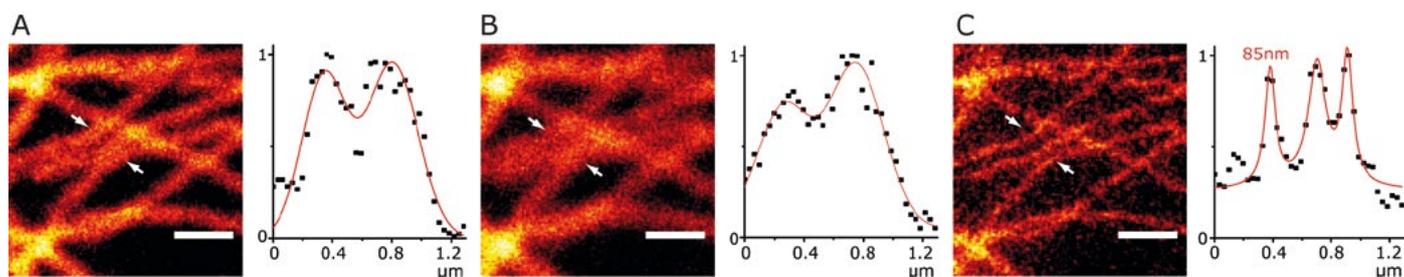


Fig. 4 STED improvement (C) in filaments from the cytoskeleton compared with conventional (A) and two-photon excitation (B). The improvement has been obtained using the SW-2PE-STED method. (Image credit: Giuseppe Vicidomini and Paolo Bianchini, Diaspro Lab, IIT.)

of the molecules under investigation. This property,  $I_{sat}$ , is the intensity needed for depopulating 50% of the excited state for a specific fluorescent molecule. It is clear that there may be other types of problems, such as photodamage to biological tissues or photobleaching of the fluorescent molecules, due to the utilization of intense STED beams. To alleviate this problem one, for example, can use the more general concept of RESOLFT by introducing other ground-state depletion mechanisms than stimulated emission, which do not require such high intensity [17]. Moreover, two-photon excitation approaches (fig. 4) [18] and time-based concepts for keeping the fluorescing region small at reduced STED beam intensity [19] have been recently used. Moreover, three-dimensional super-resolution [20] and a parallelization of the concept have been implemented [21].

It is worth noting that super-resolution with SSIM techniques has been demonstrated by Gustafsson [16].

### 5 Super-resolved single fluorophore microscopy – Stochastic “readout” approach

To date, starting from Einstein considerations on molecules and their behavior until pioneering development in the so-called fluorescence correlation spectroscopy (FCS) domain explored in the W. W. Webb and R. Rigler Labs, the detection of single molecules in a crowded environment was an important research topic towards super-resolved fluorescence microscopy [22]. The first measurements on a single fluorophore in a dense medium were made in Moerner’s Lab [23]. Moerner’s Lab results on pentacene

molecules decisively inspired the single-molecule field till applications to microscopy [24] by demonstrating that it was possible to deal with single fluorescent molecules both in terms of absorption and emission. His experimental approach allowed to measure fluorescence of single molecule taking advantage of the better signal-to-noise ratio improved by absorption-based observations. Other results were reported in those years at room temperature and in liquid medium using confocal microscopy or pulsed excitation coupled to delayed photon detection for background radiation annihilation, respectively. Betzig started his race to study single fluorescent molecules using scanning near-field microscopy on an air-dried surface environment. He achieved super resolution observations in the near-field [13]. Both single-molecule spectroscopy and single-molecule-microscopy were carried out in the successive years including single-fluorescent-molecule tracking studies [24].

Super-resolved single-fluorophore microscopy can be understood as a class of techniques for which spatial super-resolution is achieved by the possibility to localize with theoretical unlimited precision individual molecules considered as point sources of photons. The most important keyword is connected with the knowledge of the fact that emission stems from single molecules. Within this framework, the microscope detecting system receives photons from the single molecules embedded in a dense environment with a spatial probability density driven by the microscope point spread function. Now, neglecting background and pixelation and considering fluorescent molecules one by one, the center of the point spread function can be estimated with an error

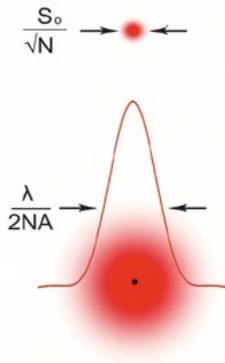


Fig. 5 Localization precision improvement in the single-molecule localization method in agreement with eqs. (1) and (5), respectively.

along both the  $x$  and  $y$  coordinates, given by (fig. 5) [25]:

$$(5) \quad s = d/\sqrt{N}$$

where  $N$  is the total number of photons registered by the detector and  $d$  is equal to Abbe's diffraction limit in eq. (1). So far, the ability to localize a point source is improved from Abbe's original limit by the factor  $1/\sqrt{N}$ . This means that with 10000 detected photons from a single fluorescent molecule one gets a factor of 100 smaller than Abbe's limit and with increasing numbers of detected photons there is no limit for a possible spatial resolution improvement.

Betzig [26] suggested two steps, namely: 1) independent determination of the PSF of each spectral class; 2) super-resolved estimation of the centers of their PSFs with the precision of eq. (5). Then, merging the positions of all classes together, a super-resolution image could be realized. G. J. Brakenhoff and collaborators [27], implemented a non-optimized version of this concept.

The advent of the GFP (Green Fluorescent Protein pushed Moerner to study the behavior of GFP mutants at single-molecule level. Interesting results were obtained at ambient temperature with the protein embedded in an aerated aqueous gel [28]: a "blinking" behavior was discovered leading the molecules to a final dark stable state from which fluorescence could be restored by irradiation at a different wavelength. Dark and bright states of the molecules could be controlled by light. G. Patterson and J. Lippincott-Swartz

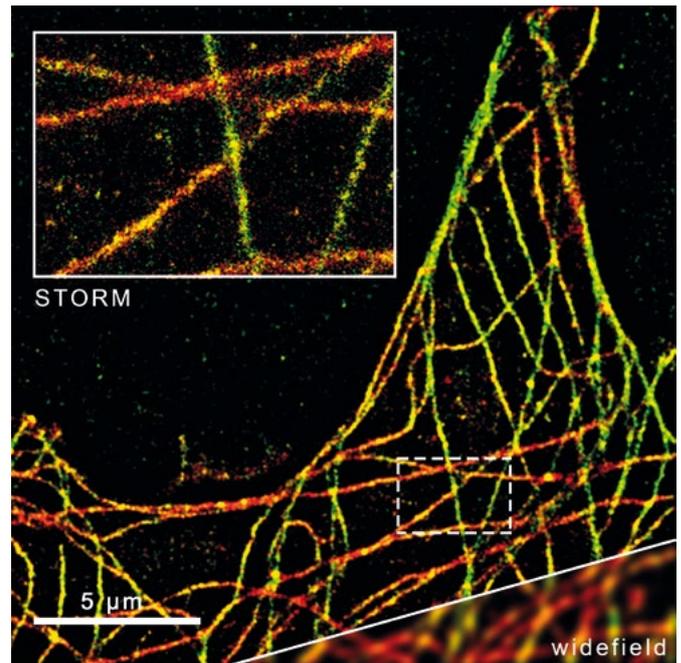


Fig. 6 3D STORM image of the cytoskeleton compared with 3D confocal, colors are coding  $z$  positions. STORM allows a localization precision of approximately 20 nm along  $x$ - $y$  and a resolution of 60 nm along the  $z$ -axis. (Image credit: Francesca Cella Zanacchi, Diaspro Lab, IIT.)

performed a key experiment demonstrating the photo-properties of photoactivatable (PA) GFP variants [29]. The molecules, initially fluorescent inactive, could be activated by proper irradiation and then were able to emit fluorescence when excited at a certain wavelength. As all the fluorescent molecules, such a PA-GFP could be permanently inactivated by photobleaching. This phenomenon could be also achieved under two-photon excitation regime [30]. Betzig immediately realized that such photo-properties could be used to optimize the process of having a sparse distribution of fluorescent molecules within a dense population: using a very low photoactivation intensity one has a poor probability of random photoactivation thus it causes the generation of a sparse subset of activated molecules. A subsequent excitation of the activated sparse cluster enables to localize the positions of the activated fluorescent molecules according to eq. (5). A number of a sparse set of molecules can be activated and permanently inactivated by bleaching until "all" subsets from the dense population of molecules have been sampled and used to form a super resolved image.

In 2006, a fundamental paper was published [31] reporting about a super-resolved fluorescence microscopy image modality applied to a thin (100 nm) section of a fixed mammalian lysosome. The method was named PALM (Photoactivated Localization Microscopy). During the very same year both X. Zhuang and collaborators [32] and S. T. Hess and collaborators [33] reported about super-

resolved fluorescence microscopy. The respective approaches were called STORM (Stochastic Optical Reconstruction Microscopy) and fPALM (fluorescence-PALM), [fig. 6](#). Moreover, a growing number of papers came out in a comparatively very short time [34]. Imaging in thick samples became an interesting topic as recently noted by Moerner [24] that indicated as a promising method the one using a light sheet illumination scheme. As an example, IML-SPIM (Individual Molecule Localization – Selective Plane Illumination Microscopy), developed at Diaspro Lab, allowed for the first time super-resolved single-fluorophore microscopy applied to a 200  $\mu\text{m}$  thick tumoral spheroid sample [35].

“**Nanoscopium nominare libuit**”. Now, the super-resolved fluorescence microscopy revolution lies in the fact that there

is no longer any theoretical limitation to study the smallest details in biological cells and in any other sample. In the style of Johannes Faber, one can use the sentence “*nanoscopium nominare libuit*” for the super-resolution fluorescence microscope that has become a nanoscope.

### Acknowledgements

This work is dedicated to the memory of Mario Cassano (1922-2014). The author is indebted to Giuseppe Vicidomini, Paolo Bianchini, Francesca Cella Zancchi and Colin J. R. Sheppard for useful discussions. A special dedication is for Osamu Nakamura (1962-2005) and Mats Gustafsson (1960-2011) that passed away too early.

### References

- [1] P. P. Mondal and A. Diaspro, “*Fundamentals of Fluorescence Microscopy. Exploring Life with Light*” (Springer) 2014.
- [2] C. J. R. Sheppard, *Micron* 38 (2007) 165.
- [3] G. Toraldo di Francia, *J. Opt. Soc. Am.*, 45 (1955) 497.
- [4] L. Schermelleh, R. Heintzmann and H. Leonhardt, *J. Cell Biol.*, 190 (2010) 165.
- [5] A. Diaspro, “*Nanoscopy and Multidimensional Optical Fluorescence Microscopy*” (Chapman and Hall/CRC, London) 2010.
- [6] A. Diaspro, “*Confocal and two-photon microscopy: Foundations, Applications, and Advances*” (Wiley-Liss Inc., Wilmington, De) 2001.
- [7] C. Cremer and T. Cremer, *Microsc. Acta*, 81 (1978) 31.
- [8] C. J. Sheppard and T. Wilson, *J. Microsc.*, 124 (1981) 107.
- [9] C. J. Sheppard and R. Kompfner, *Appl. Optics*, 17 (1978) 2879.
- [10] W. Denk, J. H. Strickler, W. W. Webb, *Science*, 248 (1990) 73.
- [11] S. W. Hell and E. H. K. Stelzer, *Opt. Commun.*, 93 (1992) 277.
- [12] M. G. L. Gustafsson, D. A. Agard and J. W. Sedat, *Proc. SPIE*, 2412 (1995) 147.
- [13] E. Betzig and J. K. Trautman, *Science*, 257 (1992) 189.
- [14] S. W. Hell and J. Wichman, *Opt. Lett.*, 19 (1994) 780.
- [15] S. W. Hell, *Nat. Biotechnol.*, 21 (2003) 1347.
- [16] M. G. Gustafsson, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 102 (2005) 1301.
- [17] S. W. Hell and M. Kroug, *Appl. Phys. B.*, 60 (1995) 495.
- [18] P. Bianchini, B. Harke, S. Galiani, G. Vicidomini and A. Diaspro, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 109 (2012) 6390.
- [19] G. Vicidomini *et al.*, *Methods*, 66 (2014) 124.
- [20] B. Harke *et al.*, *Nano Lett.*, 8 (2008) 1309.
- [21] A. Chmyrov, J. Keller, T. Grotjohann, M. Ratz, E. d’Este, S. Jakobs, C. Eggeling, S. W. Hell, *Nat. Meth.*, 10 (2013) 737.
- [22] T. Hirschfeld, *Appl. Optics* 15 (1976) 2965.
- [23] W. E. Moerner and L. Kador, *Phys. Rev. Lett.*, 62 (1989) 2535.
- [24] S. J. Sahl and W. E. Moerner, *Current Opin. Struct. Biol.*, 23 (2013) 778.
- [25] R. E. Thompson, D. R. Larson and W. W. Webb, *Biophys. J.*, 82 (2002) 2775.
- [26] E. Betzig, *Opt. Lett.*, 20 (1995) 237.
- [27] A. M. van Oijen, J. Kohler, J. Schmidt, M. Muller and G. J. Brakenhoff, *Chem. Phys. Lett.*, 292 (1998) 183.
- [28] R. M. Dickson, A. B. Cubitt, R. Y. Tsien and W. E. Moerner, *Nature*, 388 (1997) 355.
- [29] G. H. Patterson, J. Lippincott-Schwartz, *Science*, 297 (2002) 1873.
- [30] M. Schneider, S. Barozzi, I. Testa, M. Faretta and A. Diaspro, *Biophys. J.*, 89 (2005) 1346.
- [31] E. Betzig, G. H. Patterson, R. Sougrat, O. W. Lindwasser, S. Olenych, J. S. Bonifacino, M. W. Davidson, J. Lippincott-Schwartz, H. F. Hess, *Science*, 313 (2006) 1642.
- [32] M. J. Rust, M. Bates and X. Zhuang, *Nat. Meth.*, 3 (2006) 793.
- [33] S. T. Hess, T. P. Girirajan and M. D. Mason, *Biophys. J.*, 91 (2006) 4258.
- [34] M. A. Thompson, M. D. Lew, W. E. Moerner, *Ann. Rev. Biophys.*, 41 (2012) 321.
- [35] F. Cella Zancchi, Z. Lavagnino, M. Perrone Donnorso, A. Del Bue, L. Furia, M. Faretta, A. Diaspro, *Nat. Meth.*, 8 (2011) 1047.

#### Alberto Diaspro

Alberto Diaspro graduated in Electronic Engineering in 1983, at the University of Genoa, where he presently is Professor of Applied Physics. He is the Director of Nanophysics at the Italian Institute of Technology (IIT) in Genoa and Deputy Director of IIT. He is Past President of Optics Within Life Sciences and European Biophysical Societies’ Association, SPIE Fellow (2014), IEEE Senior member and Editor in Chief of *Microscopy Research and Technique*. His research field is in optical instruments for application in biophysics and biomedical engineering. He published more than 300 scientific papers with more than 5000 citations. In 2014 he has been awarded the Emily M. Gray Prize.

## CERIMONIA INAUGURALE 100° CONGRESSO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

PISA, 22 SETTEMBRE 2014



Cerimonia Inaugurale del Congresso nell'Aula Magna del Dipartimento di Fisica, Università di Pisa. Da sinistra: Giuseppe Grosso, Andrea Pieroni, Marco Filippeschi, Massimo Mario Augello, Luisa Cifarelli, Fabio Beltram, Pierdomenico Perata.

**L. Cifarelli:** Buongiorno a tutti, sono molto lieta di darvi il benvenuto al 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica.

Ho l'onore di avere alla mia destra, il Magnifico Rettore dell'Università di Pisa che ospita questo Congresso, Professor Massimo Mario Augello. Accanto a lui il Sindaco della città di Pisa, Marco Filippeschi, poi il Presidente della Provincia di Pisa, Dottor Andrea Pieroni, e il Presidente del Comitato Organizzatore Locale del Congresso, Professor Giuseppe Grosso. Alla mia sinistra, il Direttore della Scuola Normale Superiore di Pisa, Professor Fabio Beltram, e il Rettore della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, Professor Pierdomenico Perata.

Vorrei salutare e ringraziare per la loro presenza nel pubblico autorità e illustri rappresentanti di numerose istituzioni e società scientifiche e cittadine. Abbiamo qui anche il Dottor Marco Masi in rappresentanza della Regione Toscana.

Il Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, Stefania Giannini, è oggi impegnata nell'inaugurazione dell'anno scolastico a Roma, al Quirinale, ma ci ha inviato un suo gentile messaggio.

Saluto, tra i presenti, il Professor Federico Ferrini, Direttore dell'European Gravitational Observatory (EGO), il Dottor Christophe Rossel, Presidente eletto della European

Physical Society (EPS), il Dottor Philip Diamond, Associate Director for Programmes, Performance and Policy dell'Institute of Physics (IOP), il Professor Antonio Gandolfi, Presidente dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF), il Dottor Piero Finazzi, Presidente dell'Associazione Nazionale Professionale Esperti Qualificati (ANPEQ), il Professor Federico Boscherini, Presidente della Società Italiana Luce di Sincrotrone (SILS), insieme ai rappresentanti qui presenti di altre società collegate alla SIF tra cui: l'Associazione Italiana di Fisica Medica (AIFM), la Società Italiana di Elettromagnetismo (SIEM), l'Associazione Nazionale Fisica e Applicazioni (ANFeA), la Società Italiana di Ottica e Fotonica (SIOF), il Consorzio Nazionale Interuniversitario di Struttura della Materia (CNISM) e il Consiglio Universitario Nazionale (CUN).

Vorrei salutare anche il Prorettore Vicario dell'Università di Pisa, la Professoressa Nicoletta De Francesco. So inoltre che un certo numero di Prorettori dell'Università si sono veramente prodigati per il Congresso, i Professori Roberto Barale, Ada Carlesi, Paolo Ferragina e Sandro Paci, rispettivamente Prorettori alla Ricerca, al Bilancio, alla Ricerca Applicata e all'Edilizia. Permettetemi poi di salutare il mio collega e amico, Professor Francesco Fidecaro, Direttore del Dipartimento di Fisica, che qui a

Pisa è intitolato a Enrico Fermi, e il Professor Marco Raugi, Direttore del Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni (DESTEC). E ancora, saluto il Professor Giovanni Batignani, Direttore della Sezione INFN di Pisa. Insieme a lui vorrei salutare i membri della Giunta di Presidenza dell'INFN che sono qui presenti, il Dottor Eugenio Nappi e la Dottoressa Speranza Falciano. Saluto poi il Dottor Gilberto Staccorozzi, Direttore della Sezione INGV di Pisa, e il Professor Domenico Laforenza, Direttore dell'Area CNR di Pisa. Vorrei infine salutare la Dottoressa Maria Luisa Chiofalo, Assessore alle Politiche Scolastiche del Comune di Pisa, e l'Avvocato Claudio Pugelli, Presidente della Fondazione Pisa, oltre a tutti i colleghi e amici presenti.

Prima di dare la parola alle autorità accanto a me, vorrei dire alcune cose su la SIF e Pisa. Perché la SIF è profondamente radicata a Pisa!

La SIF fu istituita nel 1897 attorno alla rivista scientifica IL NUOVO CIMENTO fondata a Pisa nel 1855 da Carlo Matteucci (fisico) e Raffaele Piria (chimico) come continuazione della rivista IL CIMENTO, fondata dagli stessi nel 1844. La Società fu istituita nel 1897 su iniziativa di in gruppo di illustri scienziati, tra cui primo fra tutti, Riccardo Felici, proprietario de IL NUOVO CIMENTO, che cedette alla SIF. Felici aveva preso

parte alla battaglia di Curtatone e Montanara del 1848 nel battaglione universitario toscano agli ordini di Mossotti, insieme a Matteucci – di cui era allievo – e tanti altri illustri combattenti pisani, studenti e professori. Felici fu inoltre professore, Direttore del Gabinetto di Fisica e poi Rettore dell'Università di Pisa.

In questo comitato di illustri scienziati fondatori della SIF, troviamo anche Angelo Battelli, Pietro Blaserna, Galileo Ferraris, Antonio Garbasso, Antonio Pacinotti, Augusto Righi, Antonio Ròiti, Vito Volterra. Molti di loro furono anche Presidenti della SIF. Vorrei soffermarmi su Angelo Battelli, che fu professore di Fisica Sperimentale qui a Pisa e poi Presidente della SIF; su Antonio Pacinotti, illustre fisico inventore pisano, professore di Fisica Tecnologica a Pisa; su Antonio Ròiti, che fu studente a Pisa ma ebbe un *curriculum* travagliato perché nel frattempo fu garibaldino, quindi dovette interrompere gli studi per un po' prima di laurearsi. Anche lui fu Presidente della SIF; e infine su Vito Volterra che, come tutti sapete, fu il grande fisico matematico laureato alla Scuola Normale Superiore nel 1882, professore a Pisa di Meccanica Razionale, anche lui poi Presidente della SIF.

La fondazione della Società fu annunciata per la prima volta su IL NUOVO CIMENTO che quindi a partire dal 1897 porta la dicitura "Organo della Società Italiana di Fisica". Dove fu fondata la Società? A Roma, nel famoso Regio Istituto Fisico di via Panisperna, ideato e realizzato da Pietro Blaserna, di cui ho già parlato: Blaserna fu anche Rettore all'Università di Roma e il primo Presidente della Società Italiana di Fisica (1897-1898).

Oltre ai Presidenti della SIF fin qui citati, ne vorrei menzionare ancora alcuni che sono stati in carica nel dopoguerra e che presentano un comune denominatore, come adesso vi dirò: Giovanni Polvani, che fu Presidente dal 1947 al 1961, quindi subito dopo la guerra, fondatore tra l'altro della famosa Scuola di Varenna intitolata a Enrico Fermi nel 1954; Carlo Castagnoli, che fu Presidente dal 1974 al 1981, e Renato Angelo Ricci, che fu Presidente dal 1982 al 1998, che è adesso Presidente Onorario della Società ed è qui presente. Il denominatore comune è che sono tutti usciti dalla Scuola Normale. Tra l'altro, non so se lo sapete, Enrico Fermi, anche lui Normalista, fu Vice Presidente della Società dal 1933 al 1934. Ma soprattutto vorrei ricordare due illustri Direttori della Scuola Normale, che sono anche stati illustri Presidenti della SIF: Gilberto Bernardini, Direttore della Normale dal 1974 al 1977 e Presidente della SIF dal 1962 al 1967, e poi Presidente Fondatore della European Physical Society nel 1968, e il caro Giuseppe Franco Bassani, il mio predecessore alla Presidenza della SIF, che ricordo sempre con commozione, e che è stato Direttore della Scuola Normale di Pisa dal 1995 al 1999. Spero così di avervi convinti che la SIF ha avuto strettissimi legami con la città di Pisa!

Se la Società è stata fondata nel 1897, la SIF ha 117 anni mentre quello attuale è il 100° Congresso. Come mai? Perché all'inizio i Soci si riunivano in Adunanze o Assemblee Generali e non regolarmente anno dopo anno, ma con interruzioni dovute anche alla prima e alla seconda guerra mondiale. Fu poi Polvani che nel 1947 decise che da allora in poi si sarebbero svolti i Congressi Nazionali della Società (con al loro interno le Assemblee dei Soci) e numerò quello di quell'anno seguendo la numerazione delle precedenti riunioni come 33° Congresso. Quindi, se fate i conti, ecco come siamo arrivati al 100°.

A Pisa, nell'arco dell'ultimo secolo, di queste Adunanze o Congressi della SIF ne possiamo contare sette: nel 1915, nel 1919, nel 1939, nel 1955, nel 1981, nel 2007 e nel 2014. Potete quindi immaginare quanto siamo felici di essere di nuovo qui, in questa città di estrema bellezza e grande prestigio culturale.

Il 100° Congresso è molto ricco di eventi scientifici e celebrativi. Dobbiamo ricordare, perché è importante ricordare le grandi tappe e i grandi avvenimenti della Scienza, che quest'anno ricorrono: il 50° anniversario del modello a quark; il 50° anniversario della scoperta della violazione della simmetria CP; il 40° anniversario della scoperta della particella  $J/\psi$ , quindi del quarto quark "charm" del Modello Standard; il 100° anniversario della diffrazione a raggi X, cioè del celebre esperimento di Max von Laue (tra l'altro quest'anno coincide con l'Anno Internazionale della Cristallografia proclamato dalle Nazioni Unite); l'80° anniversario della teoria del decadimento beta di Fermi; ma soprattutto il 450° anniversario della nascita di Galileo Galilei, cui questa città diede i natali nel 1654. Questo anniversario sarà celebrato durante il Congresso per rendere il dovuto omaggio al padre della Scienza moderna. Quindi invito tutti a seguire i lavori del Congresso, che non vuole soltanto celebrare e ricordare, ma vuole anche promuovere e far risaltare l'eccellenza in tutti i settori della Fisica, eccellenza che a Pisa è sempre stata di casa e lo è tutt'ora.

E con ciò rinnovo il mio saluto e ringraziamento, e do la parola al Magnifico Rettore dell'Università di Pisa, Professor Massimo Mario Augello.

**M. M. Augello:** Cari colleghi e care colleghe, sono molto lieto di intervenire all'inaugurazione del 100° Congresso Nazionale della Società di Fisica e di portare a tutti voi il saluto dell'Università di Pisa. Come ricordava anche il Presidente, la Professoressa Cifarelli, non è la prima volta che la SIF sceglie Pisa come sede del suo incontro annuale, a testimonianza di un legame antico e profondo che unisce questa disciplina al nostro Ateneo, alle Scuole e ai Centri di ricerca pisani.

Da storico, il mio *excursus* parte da più lontano, perché questo legame affonda le sue radici nella storia della città e nella biografia del

suo cittadino e scienziato più illustre, Galileo Galilei, che qui è nato e ha iniziato a insegnare. Quest'anno si celebra il 450° anniversario della nascita di Galilei, con un ricco programma di manifestazioni che ha visto tutte le istituzioni scientifiche della città impegnate lungo l'intero anno e di cui questo Congresso costituirà sicuramente la tappa più importante e prestigiosa. La Società Italiana di Fisica ricorderà questa ricorrenza consegnando una speciale medaglia al Professor Tsung-Dao Lee, Premio Nobel nel 1957, e al Professor Antonino Zichichi. Inoltre, un ritratto inedito del grande scienziato pisano e della sua famiglia emergerà dallo spettacolo teatrale dal titolo "Io dico l'Universo" che vedrà come protagonisti l'attore Giulio Scarpati e il Professor Alessandro Bettini.

Un altro evento importante nello storico legame tra Pisa e le scienze – la Fisica in particolare – risale al lontano 1839, quando in città si tenne la "Prima riunione degli scienziati italiani"; evento che può essere considerato parte integrante del processo risorgimentale da cui è nata l'Italia. Furono oltre 400 i partecipanti a quel congresso, provenienti dalle diverse parti del Paese, che si incontrarono con un obiettivo forte: rilanciare l'idea di una comunità nazionale degli scienziati e, dunque, di un'unità culturale della Penisola.

Proseguendo in questo rapido *excursus* sul legame profondo tra la nostra città e la vostra comunità scientifica, non si può non ricordare che la Fisica pisana e quella italiana sono indissolubilmente legate ai nomi di Enrico Fermi e Carlo Rubbia.

Fermi si è laureato all'Università di Pisa e si è diplomato alla Scuola Normale, prima di intraprendere la carriera di ricercatore che lo ha portato ad essere insignito del Premio Nobel nel 1938. A lui la Società Italiana di Fisica ha voluto intitolare, in occasione del centenario della nascita nel 2001, un prestigioso riconoscimento – il Premio "Enrico Fermi" appunto – che oggi sarà assegnato a Federico Faggin, ideatore del primo moderno microprocessore. Un uguale percorso all'Università di Pisa e alla Scuola Normale ha caratterizzato la formazione e la specializzazione di Carlo Rubbia, anche lui insignito del Premio Nobel nel 1984.

Un nuovo felice intreccio tra Pisa e la vostra disciplina si è prodotto, due anni fa, con la scoperta empirica dell'esistenza del bosone di Higgs effettuata al CERN di Ginevra. Abbiamo accolto quell'evento con viva emozione e insieme con l'orgoglio di vedere impegnati tanti fisici italiani e diversi pisani. Proprio a seguito di tale esperimento, lo scorso anno la SIF ha assegnato il Premio "Enrico Fermi" a cinque illustri scienziati, tra i quali spicca il Professor Guido Tonelli, che vedo qui presente e saluto, che nel nostro Ateneo si è laureato e insegna.

Il ruolo che i nostri ricercatori hanno avuto nella scoperta del bosone è solo l'esempio

principale di un prestigio consolidato e diffuso, che nel caso della Fisica ci viene riconosciuto dai principali ranking delle migliori università al mondo. Nell'ultima classifica elaborata dall'ARWU di Shanghai, l'Università di Pisa – insieme ad altri sei atenei italiani – è presente tra i primi 150 al mondo in questa disciplina, mentre nella classifica generale degli atenei dobbiamo scendere oltre la 150<sup>a</sup> posizione per trovare istituzioni del nostro Paese. Lo stesso avviene per quanto riguarda il QS World University Rankings, dove la Sapienza di Roma e l'Università di Pisa si piazzano rispettivamente al 23° e 24° posto al mondo nella Fisica, mentre a livello generale fatichiamo ad avere rappresentanti nelle prime 200 posizioni.

Siamo in presenza, dunque, di un settore scientifico di grandissima tradizione e di assoluta eccellenza, che dà lustro a livello internazionale al nostro Paese – come anche all'Università che ho l'onore di rappresentare – e che dobbiamo saper difendere e valorizzare.

Purtroppo invece negli ultimi anni il sistema universitario italiano ha subito un brusco ridimensionamento, con una perdita di circa 10000 docenti e ricercatori e la diminuzione dei finanziamenti pubblici per più di un miliardo di euro sui circa sette complessivi. Di fatto, oggi il nostro Paese è fra quelli europei che investono meno in università e ricerca, con una spesa pubblica che è circa la metà di quella inglese e un terzo di quelle tedesca e francese. I Rettori denunciano da tempo questa situazione, chiedendo una decisa inversione di tendenza, con l'adozione di un nuovo modello di finanziamento e di un piano straordinario di assunzioni rivolto ai giovani, e nello stesso tempo con norme che favoriscano l'autonomia responsabile delle singole sedi, la semplificazione burocratica,

l'apertura internazionale. Ho più volte espresso pubblicamente la convinzione che i problemi dell'università e della ricerca debbano diventare una grande "questione nazionale", di cui deve essere consapevole l'intero Paese se vogliamo sperare che se ne faccia carico la politica.

I governi che si sono succeduti negli ultimi anni non hanno saputo dare risposte adeguate a queste istanze, mostrando di non comprendere l'enorme rilievo delle questioni in gioco. Tutti gli indicatori dicono, infatti, che nelle università esiste uno straordinario potenziale di energie, talenti e capacità innovative che potrebbe essere messo a disposizione del Paese per favorire la ripresa economica e dare migliori prospettive occupazionali ai nostri giovani.

Credo che all'interno di un consesso così ampio e autorevole come quello che inauguriamo oggi – con più di 600 interventi che coprono tutti i settori della Fisica e delle sue applicazioni – ci debba anche essere spazio per riflettere e condividere un'analisi più generale sul difficile momento vissuto dal sistema italiano dell'università e della ricerca, che impone a tutti noi, naturalmente nel rispetto di ogni singolo ruolo, la consapevolezza di non poter rimanere spettatori neutrali della situazione.

Mi avvio a concludere ringraziando ancora una volta la Società Italiana di Fisica e il Comitato Organizzatore Locale del Congresso – che include una rete di istituzioni accademiche e scientifiche come quella pisana, pressoché unica al mondo – per essersi fatti carico del coordinamento di questo importante appuntamento. Auguro a tutti voi un proficuo lavoro e un felice soggiorno a Pisa, in queste giornate che uniscono, all'intenso programma scientifico, riunioni e iniziative di tipo

conviviale che sono certo vi spingeranno a conoscere meglio le tante bellezze della città.

**L. Cifarelli:** Grazie Magnifico Rettore. Adesso darei la parola al Direttore della Scuola Normale, Professor Fabio Beltram.

**F. Beltram:** Grazie Presidente. Anche da parte mia il benvenuto a tutti voi a Pisa e grazie alla SIF, sia alla persona del Presidente Cifarelli sia a quella del Presidente Grosso per aver organizzato questo evento nella nostra città. Saggiamente non avevo preparato un intervento perché qualunque cosa avessi preparato sarebbe già stato detto da quelli che mi hanno preceduto, e così è stato puntualmente.

Quello che voglio aggiungere è un obiettivo per tutti noi e per la SIF in particolare, che vi voglio proporre. Lo diceva anche il Rettore Augello, le responsabilità che noi abbiamo in un momento come questo nel nostro Paese sono importanti. Mai come ora in questo Paese sarebbe necessaria una diffusione della cultura scientifica, una comprensione dell'importanza della Scienza e del sostenere la Scienza, perché il Paese possa crescere, innovare, cambiare. Questo non sta succedendo, continua a rimanere un punto di debolezza nel nostro Paese la comprensione dell'importanza della cultura scientifica. Credo che in questo ambito e su questo terreno le società come la Società Italiana di Fisica potrebbero, dovrebbero, avere un ruolo importante. In questo Paese non solo non è sufficientemente diffusa la cultura scientifica, ma non è ritenuto importante che la cultura scientifica sia diffusa. Me l'avete già sentito dire, almeno alcuni di voi. È sicuramente condiviso da chiunque che una persona è ignorante, se coniuga male un verbo o se non sa se è nato prima Dante o prima



Pubblico durante la Cerimonia Inaugurale del Congresso.

Petrarca. Però si può dire di non sapere quale sia la radice di 25, perché è già una cosa un po' esotica. Si può dire che l'elettrone è una pallina gialla rotante, e va bene. Si può pensare che un atomo sia uguale a un sistema planetario. Questi sono dei problemi però che fanno sì che in un Paese come il nostro non ci sia quel linguaggio minimale, quel livello culturale minimale che permette di capire l'innovazione, che permette di capire il potenziale delle scoperte scientifiche, anche dal punto di vista meramente utilitaristico e applicativo. Questo è un problema. Io mi domando se noi stiamo facendo abbastanza, tutti noi intendo, da questo punto di vista. Credo che non lo facciamo e credo che eventi come questo potrebbero e dovrebbero assumere un ruolo anche da questo punto di vista fondamentale per la diffusione della cultura scientifica.

Quindi con questo auspicio, auguro a tutti quanti noi una buona settimana e un buon Congresso.

**L. Cifarelli:** Adesso vorrei invitare a darci il suo saluto il Rettore della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, Professor Pierdomenico Perata.

**P. Perata:** Grazie e benvenuti a tutti, benvenuti a Pisa. Io rappresento la Scuola Superiore Sant'Anna, un'istituzione universitaria che a Pisa raduna molte discipline tra le quali non c'è la Fisica; quindi mi sono chiesto cosa dire a una platea di fisici da non fisico che non ha nemmeno un professore di Fisica all'interno della sua Istituzione. Alcune cose le posso dire. Innanzitutto una nota storica, che non tutti sanno, e cioè il fatto che Galileo Galilei nella sua permanenza pisana, in realtà nella fase attiva della sua permanenza pisana, ha svolto i suoi studi astronomici utilizzando proprio il cortile dell'attuale Scuola Superiore Sant'Anna, che è a poche centinaia di metri da qui, utilizzando la chiesa di Santa Caterina come riferimento.

Ma la cosa più importante che vorrei dire, si ricollega a quanto hanno detto il Rettore Massimo Augello e il Direttore Fabio Beltram in merito alla percezione che nel nostro Paese c'è della Scienza e dell'importanza che la Scienza ha per un Paese, per una popolazione, per una civiltà. Ed è assolutamente vero quello che ci è stato appena detto. La rivista NATURE circa un anno fa scriveva "In Italia vi è la comune percezione che la Scienza non abbia alcuna rilevanza". Ed è vero, lo vediamo secondo me quotidianamente nelle decisioni che prendono i nostri governi, lo dico al plurale perché si succedono con una certa frequenza, con la difficoltà che c'è per chiunque abbia l'onere di reggere il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, a definire qualcosa che abbia una valenza almeno pluriennale. E vediamo che invece le

cose vanno in maniera esattamente opposta. È passato quasi sotto totale silenzio, secondo me colpevole, della comunità scientifica l'abolizione di fatto dei progetti PRIN che garantivano a un certo numero di ricercatori italiani il mantenimento di un minimo standard di attività. Ma evidentemente questo è il nostro Paese, e certamente abbiamo anche noi delle responsabilità nel non riuscire a trasmettere alla popolazione il valore della Scienza, l'importanza della Scienza, e far capire che la Scienza non è il divertimento di un gruppetto di bizzarri professori che hanno interesse in cose incomprensibili, ma che ha ricadute importantissime nella vita di tutti i giorni. Io ho letto il rapporto che ha commissionato la Società Italiana di Fisica sulla ricaduta economica della Fisica nel nostro Paese. È un documento estremamente interessante dove si dimostra, molti di voi l'avranno letto, che circa il 7,4% del nostro prodotto interno lordo dipende da attività connesse alla Fisica. Quindi la Fisica non è solamente ricerca di base, e lo ribadisco, è ricerca fondamentale che genera applicazioni, e lo fa da sempre. Le applicazioni di oggi sono il risultato degli studi di Fisica di dieci, di venti, di cento anni fa. E anche di Chimica, di Biologia, naturalmente. Il discorso può essere ampliato. Ma questo è difficilmente percepito, o se è percepito, la scala temporale è percepita dai nostri politici come scarsamente interessante perché se oggi sfruttiamo tecnologicamente le scoperte della Fisica di cento anni fa o di cinquanta anni fa, siamo fuori scala nell'orizzonte temporale della politica. La politica vuole risultati entro i prossimi sei mesi? Forse è un po' troppo, anche perché tra sei mesi chissà cosa sarà già successo. Quindi è un'impresa complessa, ma dobbiamo secondo me continuamente ribadire il fatto che se il nostro Paese non continua a investire, non riprende a investire, in ricerca fondamentale, in ricerca di base, presto saremo un Paese turistico, sembra che qualcuno lo ritenga un obiettivo ambizioso da raggiungere. Io credo che sia un obiettivo minimale quello di valorizzare il nostro turismo e che il nostro Paese debba essere un Paese che vive di conoscenza, perché è evidente che solo i Paesi che hanno la capacità di sviluppare tecnologie basate sulla conoscenza hanno un futuro nelle economie occidentali.

Sempre nel domandarmi cosa c'entrasse la Scuola Superiore Sant'Anna con la Fisica, ho fatto una piccola verifica e ho scoperto che molti dei nostri professori sono laureati in Fisica, che molti nostri ricercatori sono laureati in Fisica. La Professoressa Maria Chiara Carrozza che è stata il precedente Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca è professoressa di Ingegneria ma è laureata in Fisica. Quindi in realtà molti fisici lavorano poi anche in settori più applicativi, come l'Ingegneria, e qui ricordo alcuni settori

che sono appunto oggetto di studio alla Scuola Sant'Anna: la Fotonica, collegata alle telecomunicazioni; la Biorobotica, dove c'è una confluenza di discipline, dalla Biologia a, certamente, la Fisica; lo studio dei sistemi microfluidici. Non voglio fare un lungo elenco, ma semplicemente dirvi che uno dei messaggi che dovrebbe pervenire da ognuno dei nostri tanti congressi scientifici, non è solamente sull'importanza scientifica degli ultimi risultati che abbiamo ottenuto nei nostri laboratori, ma anche – soprattutto quando facciamo qualche intervista attraverso i mezzi di comunicazione – sulla valenza anche economica della ricerca per il nostro Paese. Dobbiamo cercare di fare emergere qualcosa che non siamo ad oggi riusciti a far emergere, e cioè l'importanza della formazione in tutte le discipline scientifiche e l'importanza della ricerca di base per aver la speranza di poter trovare applicazioni nel futuro. Pensare che a noi spetti solo il compito di trovare applicazioni a scoperte scientifiche fatte altrove, magari oltreoceano, è semplicemente delirante, vuol dire non avere la più minima comprensione di come avvenga anche il processo di trasferimento tecnologico. Il trasferimento tecnologico avviene bene quanto è più vicino alle persone, al luogo ove la scoperta è avvenuta. Pensare di poter trasferire, quindi di essere un po' dei parassiti della Scienza altrui con l'idea che il lavoro "sporco" e costoso, la ricerca di base, la facciamo fare ad altri mentre noi prendiamo le applicazioni, è una visione miope e suicida per un Paese.

Con questo vi lascio al vostro Congresso di Fisica nella convinzione che sia il Congresso di Fisica di tutta la città, sicuramente, e di tutto il Paese, per l'importanza che la vostra disciplina, come anche le altre discipline scientifiche, ha per il nostro Paese e per tutta l'umanità.

**L. Cifarelli:** La parola a lei, Signor Sindaco. Prego.

**M. Filippeschi:** Grazie. Io innanzitutto voglio ringraziarla e ringraziare gli organizzatori a nome della nostra città. È chiaro che nell'anno galileiano questo Congresso costituisce un tributo importante che ci fa onore, ci fa contenti. Anch'io non vorrei ripetere ciò che è stato già detto – ci vorrebbe una giornata intera soltanto per narrare quella storia che per sommi capi è stata ricordata anche nell'introduzione. Non è detto che Pisa non faccia magari in futuro un suo evento su "Pisa e la Fisica". È un'idea che possiamo coltivare, in un percorso di consapevolezza e di visibilità su cui si deve lavorare grazie anche a un rapporto molto stretto tra le istituzioni accademiche della ricerca – non ne manca nessuna qui – e la città. Vorrei anch'io non fare un saluto formale ma dare con alcune suggestioni un contributo all'avvio del vostro Congresso.

Voi lavorate da studiosi, da docenti, da ricercatori sulle frontiere del cambiamento, sulle rivoluzioni che sono in corso e che hanno già cambiato rapidamente lo scenario dei rapporti sociali ed economici. Mi riferisco alla rivoluzione digitale, a quella energetica, quella dei materiali, quella che riguarda la Biologia. I fisici, dai teorici a quelli che si occupano delle applicazioni, con il loro lavoro sono coinvolti in tutto lo spettro dei cambiamenti. I fisici sono anche un termometro sensibile ai cambiamenti, oltre a esserne i protagonisti. E voi fisici siete anche testimoni di un problema fondamentale, politico, che non riguarda soltanto il nostro Paese che ha problemi specifici i quali sono stati ricordati ora dal Professor Perata e dal Professor Beltram. Si tratta di un problema globale, cioè la divaricazione crescente tra le potenzialità date da queste rivoluzioni, questi avanzamenti, e la capacità di cambiamento e di diffusione del cambiamento. Di diffusione del cambiamento secondo un'etica della responsabilità per le relazioni future. Secondo una necessità di creare nuove economie sulla base di presupposti molto differenti da quelli che conosciamo e che hanno portato e portano anche alle crisi drammatiche che viviamo, oltre a un mondo fuori controllo che rischierà di spendere molto di più domani per stabilizzarsi, sottraendo risorse a questo processo di cambiamento, di crescita di fatto innovativa, capace di portare benessere e superare gli squilibri.

Ecco io penso che, proprio per la tradizione che noi conosciamo così da vicino, per il cambiamento che la Fisica italiana può promuovere, per quello che in questa città ha dato e continua a dare, io penso sia molto importante l'impegno civile e il ruolo sociale della vostra professione e dei vostri studi. Se qualcosa abbiamo imparato da voi fisici è la vostra libertà intellettuale, l'attitudine alla creatività, alla collaborazione interdisciplinare e alla visione internazionale. Tutto questo oggi è una risorsa di straordinaria importanza, in particolare per il nostro Paese anche per i problemi che stiamo affrontando. Quindi questo potenziale va anche impiegato in una battaglia di cambiamento e di consapevolezza. D'altra parte o ci arrendiamo alla stanchezza e alla perdita di prospettiva o conquistiamo una capacità migliore di rappresentare le nostre potenzialità in prospettiva. Io credo infatti che questo sia un grande tema di impegno che deve trovare la via per sfociare anche in uno sblocco, in un confronto con scenari globali, che ci possiamo ancora permettere e che dobbiamo permetterci. Ma i tempi stringono, i cambiamenti sono veloci e noi dobbiamo essere attori di questi cambiamenti. Io vedo una missione importante per i fisici e per la Fisica italiana, intesa come una parte della classe dirigente del Paese.

L'altro aspetto – e questa è una missione

anche per la nostra città, che è una città particolare, speciale, come sapete bene – è quello della cultura scientifica e della divulgazione della Scienza. Su questo siamo impegnati oggi, siamo impegnati insieme all'Università, insieme alle Scuole d'alta formazione, abbiamo anche i nostri progetti, sono progetti segnati in particolare dall'impulso, dall'impegno dei fisici, alcuni sono ancora con noi, stanno lavorando con noi, alcuni purtroppo li abbiamo perduti anche recentemente. Vorremmo su questo versante diventare un nodo di una rete di città esemplari che riescano anche a catturare l'attenzione dei più giovani. Uno dei grandi problemi è anche lo squilibrio, non parliamo dei confronti su scala globale. Guardando i numeri del nostro Paese è evidente lo squilibrio che c'è nella formazione scientifica, nella produzione di laureati in materie scientifiche o ingegneristiche. Quindi è su questo che noi stiamo lavorando e abbiamo il progetto di una "Cittadella Galileiana" che speriamo di poter mettere sul binario e di varare in tempi utili per dare anche un segnale in controtendenza. Quando in quest'anno galileiano si è tenuta a Palazzo Blu una mostra intitolata "Balle di Scienza", organizzata dall'INFN, grazie al sostegno della Fondazione Pisa e a qualcuno che si è impegnato molto, abbiamo avuto circa 40000 visitatori. Una bella presenza per una mostra, non facile, sugli errori nelle imprese scientifiche; un risultato promettente, non credete?

Quindi abbiamo anche segnali interessanti, importanti, di apertura di credito. Oggi abbiamo anche mezzi più facili, più coinvolgenti, penetranti, per raggiungere tanti giovani, tanti ragazzi e ragazze, per aiutare le scuole a diversi livelli a intradarsi verso la cultura della Scienza e verso le discipline scientifiche. Sono convinto che su questo terreno faremo molte cose insieme. Abbiamo riconosciuto in tempi recenti l'apporto dato dalla scuola di fisica pisana ai grandi esperimenti delle alte energie, abbiamo cercato di dare un segnale tramite un significativo riconoscimento a qualcuno di voi per il peso positivo di un'azione fatta di rigore, di serietà negli studi e di tanto impegno. Vorremmo che nel rapporto con voi fisici Pisa rimanesse simbolo di tutto questo.

**L. Cifarelli:** Grazie Signor Sindaco. Adesso la parola al Presidente della Provincia di Pisa, Dottor Andrea Pieroni.

**A. Pieroni:** Intanto ringrazio la Società Italiana di Fisica per questo invito, per questa opportunità, e saluto il Presidente, la Professoressa Cifarelli. A questo punto il campo delle cose da dire, cose originali, si è ulteriormente ristretto, per cui oltre ai ringraziamenti e gli auspici per un Congresso davvero proficuo – del resto il programma è davvero interessantissimo, articolato in una

pluralità di iniziative – io tenderò a fare solo pochissime sottolineature, assecondando insomma quanto già detto da chi mi ha preceduto.

Ovviamente la ricerca a Pisa ha una sede prestigiosa, ha una sede che ha saputo dare e ha fornito esperienze di altissimo prestigio. I nomi che sono stati citati qui da chi mi ha preceduto, da Galilei a Fermi, a Pontecorvo, a Rubbia, da soli indicano la capacità del sistema universitario e della ricerca pisana di produrre figure di enorme prestigio e valore internazionale. Tra l'altro proprio in questi giorni, in questi anni, abbiamo avuto l'opportunità di organizzare eventi, iniziative di altissimo valore, di altissima risonanza che ci fanno ricordare appunto i 450 anni della nascita di Galileo Galilei. Abbiamo, nel 2013, organizzato una mostra su Bruno Pontecorvo nel centenario della sua nascita, quest'anno cadono i 60 anni della morte di Enrico Fermi. Sono date queste che non debbono essere solo elementi per appuntare una memoria sul calendario, ma devono essere anche momenti che servono a riattivare l'attenzione sui temi che sono già stati elencati da chi mi ha preceduto.

Io posso dire come esperienza ciò che la Provincia, l'Ente che rappresento, ha voluto mettere in campo al servizio del mondo dell'università e della ricerca. È stata un'esperienza per certi aspetti anticipatrice e lungimirante rispetto appunto alla necessità che anche oggi viene qui ricordata. Sicuramente questo Ente che ora subirà una profonda modifica ha voluto nel territorio pisano essere attivo, propositivo proprio sul versante della costruzione di quelle infrastrutture utili al radicamento di esperienze di ricerca, di ricerca avanzata, di divulgazione della cultura scientifica, di trasferimento dei risultati della ricerca di base anche al sistema economico e produttivo. Io credo che luoghi ed esperienze che questo territorio ha conosciuto, penso per esempio all'esperienza dell'associazione "La Limonaia", esperienze che sicuramente vanno aggiornate, vanno ridefinite, vanno riprogettate, meritano di essere raccolte, di essere sviluppate anche attraverso i progetti di cui faceva menzione il Sindaco di Pisa. Credo che siano state esperienze che hanno dato un esempio di come lo sviluppo, la crescita non solo culturale ma anche economica di un territorio passi attraverso un'attenzione articolare. La cultura, la divulgazione della cultura scientifica, la realizzazione di infrastrutture servono anche al trasferimento tecnologico, al sistema produttivo, che nel nostro territorio, come in tutto il Paese, è fatto essenzialmente di piccole e piccolissime imprese che fanno fatica da sole ad accedere ai frutti della ricerca e necessitano di luoghi in qualche modo protetti in cui l'accesso alla ricerca possa essere favorito. Mi riferisco alla rete dei poli tecnologici, dei

parchi scientifici, che insieme al sistema delle università e delle scuole di alta formazione il nostro territorio ha creato e ha sviluppato. Io credo che oggi pensare di rinunciare o non investire nella ricerca di base sarebbe dichiarare il declino di un Paese.

Oggi un tema molto gettonato nel dibattito anche politico è quello dell'innovazione. Dalla crisi economica si esce se si investe in innovazione, ma l'innovazione è frutto della ricerca, e soprattutto della ricerca di base, quindi occorre acquisire questa convinzione e questa cognizione. Occorre che su questo si rafforzino l'impegno pubblico, si dedichino risorse più cospicue, ma anche l'ambito degli investitori privati probabilmente deve guardare con maggiore attenzione a questa prospettiva. Perché se è vero che la ricerca in Italia continua a dare risultati significativi, continua a essere efficiente nonostante la penuria di risorse pubbliche, è altrettanto vero che gli investimenti privati nella ricerca sono ancora al di sotto di qualsiasi media e di qualsiasi standard, non solo a livello europeo.

Si parla molto della fuga dei cervelli, io credo che anche questo tema vada declinato nel senso giusto. La fuga dei cervelli significa innanzitutto un sistema universitario e della ricerca che produce eccellenze, produce qualità, produce esperienze di valore che trovano all'estero il modo di svilupparsi, quindi credo che questo sia un elemento positivo, soprattutto a favore delle nostre istituzioni scientifiche, delle nostre università, delle scuole di alta formazione. Il problema invece è quello per cui il nostro Paese non è capace di importare ricercatori, quindi questo significa che il nostro Paese non è in grado di offrire un terreno, un ambiente, un clima favorevole al richiamo di cervelli. Io credo che in un mondo, come lo definiamo, globale, in un mondo che è sempre più un villaggio, perché ovviamente le informazioni e le comunicazioni circolano facilmente in tempo reale, non possiamo certamente chiudere i confini della ricerca entro i confini politici o amministrativi di un territorio. L'intelligenza e il sapere debbono circolare liberamente e dobbiamo, come sistema politico e istituzionale, magari ragionare sul perché noi non siamo in grado di attrarre le intelligenze e le competenze che più facilmente guardano verso altri Paesi.

Ecco io credo che in questa prospettiva siamo tutti impegnati e tutti responsabili, sicuramente *in primis* chi ha le responsabilità di governo, ma credo che anche il sistema delle istituzioni territoriali, a partire dalla Regione agli enti locali, debbano stare in questa partita così come ci sono state in questo territorio e in questa regione fino a oggi. Quindi grazie e auguri per i vostri lavori.

**L. Cifarelli:** Nel frattempo ci ha raggiunti l'Onorevole Professoressa Maria Chiara Carrozza, già Ministro dell'Istruzione,

dell'Università e della Ricerca,, questa ricerca di cui abbiamo tanto parlato, che ringrazio molto per la sua presenza oggi alla Cerimonia Inaugurale del 100° Congresso della Società Italiana di Fisica.

Fuori programma, l'Ingegnere Marco Masi, Dirigente dell'Area Università e Ricerca della Regione Toscana, ci porta il saluto del Presidente della Regione, Enrico Rossi.

**M. Masi:** Grazie Presidente, grazie di questo invito. Porto a lei e a tutti i gentili ospiti i saluti del Presidente Enrico Rossi della Regione Toscana e dell'Assessore alla Ricerca e Università, Emanuele Bobbio. Mi preme sottolineare innanzitutto il ruolo fondamentale che la Fisica, in particolare la scuola di Fisica di questo territorio, ha contribuito a dare alla nuova programmazione.

Come sapete, nel 2014-2020 si apre quella che è definita la nuova stagione del programma europeo Horizon 2020 su ricerca e sviluppo. Voglio sottolineare il grande lavoro di filigrana che abbiamo fatto con le nostre Università, i centri di ricerca, l'INFN, il CNR, l'Osservatorio EGO (VIRGO). Il proficuo confronto ha determinato alcuni assi di indirizzo. Cito l'Astrofisica, la Fotonica, l'Optoelettronica, i nuovi materiali, in particolare penso al grafene e al silicio. Ci ha aiutato a indirizzare quelli che saranno gli assi di sviluppo, collegati come è stato detto anche al nostro territorio. Ma voglio citare soprattutto le azioni verso il capitale umano: il Sindaco di Pisa, il Presidente della Provincia, il Rettore dell'Università di Pisa hanno giustamente richiamato con forza quanto sia importante attrarre capitale umano, confrontarsi, scambiare esperienze. Cito in questo contesto il progetto GaragErasmus che nasce proprio qui a Pisa e rappresenta un modo nuovo di confrontarsi a livello europeo.

Ed è importante, come è stato richiamato dai Rettori e Direttori, anche questa cultura scientifica. Di nuovo, l'apporto del territorio è stato fondamentale. Occorre sempre di più operare con le scuole. In questo l'azione di orientamento che la Regione Toscana ha fatto con l'università, le istituzioni scolastiche, l'ufficio regionale scolastico, proprio per creare quella cultura verso la scienza, i laboratori del sapere scientifico, le azioni di orientamento. Su tutto però anche un'attenzione al "placement", alla buona occupazione. La disponibilità di laureati e dottori di ricerca con ottimi livelli di formazione rappresenta un requisito fondamentale nella competizione internazionale e verso questi profili va orientata la domanda di lavoro da parte delle imprese, specie se piccole come quelle toscane. In particolare, possono svolgere un ruolo di primaria importanza quelle azioni che mediante il finanziamento di percorsi di ricerca e di alta formazione, in collaborazione fra il mondo della ricerca e

il mondo delle imprese (dottorati in azienda, assegni di ricerca congiunti, mobilità del personale ecc.) favoriscono l'accesso dei giovani più formati nel mondo produttivo. Grazie all'apporto di questo territorio abbiamo dato un nostro contributo a strutturare il programma nazionale della ricerca, coordinato dalla Professoressa Carrozza. Spero che di quell'esperienza se ne faccia tesoro.

Su tutto però vorrei richiamare, e concludo, anche le azioni di divulgazione scientifica e mi piace pensare che proprio la conclusione di questo importante convegno coinciderà con la Notte dei Ricercatori. Il mondo delle università e della ricerca potrà e dovrà svolgere un ruolo chiave per accompagnare la Toscana verso un sentiero di sviluppo nuovo rispetto al passato, non solo formando capitale umano, ma anche conoscenze utili all'innovazione e realizzando assieme ad esse nuove soluzioni per tutta la società civile.

**L. Cifarelli:** Chiude gli interventi il Presidente del Comitato Organizzatore Locale del Congresso, Professor Giuseppe Grosso.

**G. Grosso:** Autorità, Magnifico Rettore dell'Università di Pisa, Direttore della Scuola Normale Superiore, Rettore della Scuola Superiore S. Anna, Presidente della Società Italiana di Fisica, gentili signore e illustri ospiti, è con grande piacere che porgo a nome del Comitato Organizzatore Locale il benvenuto a tutti i partecipanti al 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica.

A me spetta il gradito compito di ringraziare gli enti, le istituzioni, le ditte che ci hanno aiutato e sostenuto con patrocinii, contributi finanziari e grande disponibilità nella realizzazione di questo evento. Di essi è riportato l'elenco nel volume che riassume i lavori del Congresso. Vorrei porgere un sincero ringraziamento in particolare al Comune di Pisa e all'Università di Pisa per averci sostenuto in molti modi.

Desidero poi ringraziare i miei collaboratori del Comitato Organizzatore; lasciatemeli ricordare: il Segretario e Tesoriere, anima di tutta l'attività, Professor Giovanni Batignani, il Direttore del Dipartimento di Fisica, Professor Francesco Fidecaro, i Professori Maria Giuseppina Bisogni, Carlo Bradaschia, Alberto Di Lieto, Francesco Fusco, Silvia Gozzini, Alberto Lusiani, Arianna Menciasci, Angelo Scribano, ottimi rappresentanti delle rispettive istituzioni: Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa, Osservatorio EGO, Sezione INFN di Pisa, CNR, Scuola Normale Superiore, Scuola Superiore S. Anna, Dipartimento di Fisica dell'Università di Siena. Desidero poi ringraziare le segretarie Claudia Tofani e Lucia Lilli e il personale tecnico e amministrativo del Dipartimento di Fisica e dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare per il lavoro svolto. Grazie di cuore a tutti.

Mi lascio infine spazio per uno speciale

ringraziamento alla Professoressa Luisa Cifarelli, Presidente della Società Italiana di Fisica, e al Consiglio di Presidenza per aver scelto Pisa come sede del 100° Congresso Nazionale, ringrazio la segreteria tutta della Società, e i Presidenti delle Sezioni del Congresso per aver delineato un programma scientifico che dà profondità culturale all'evento.

La scelta di Pisa come sede congressuale, quest'anno, non è, a mio avviso, solo riconoscimento della importante attività di ricerca in essa svolta nei vari settori della Fisica, come già evidenziato nelle parole del Rettore Massimo Augello che ha ricordato le graduatorie internazionali di merito dei vari Dipartimenti di Fisica, ma sottolinea anche il forte legame tra la città di Pisa e la Fisica: c'è sempre stato infatti un filo importante nella nostra storia e nella tradizione cittadina che ha legato la città al mondo universitario. Facendo un passo indietro, come già ricordato, nel 1839 il Granduca di Toscana, Leopoldo II, aveva concesso a Pisa di ospitare la "Prima riunione degli scienziati italiani" e sottolineo italiani, in un momento in cui di Italia spesso non si poteva parlare liberamente, e molti scienziati che parteciparono alla riunione erano oggetto di interesse da parte delle gendarmerie di molti stati confinanti. E ancora, come non ricordare l'impegno civile che studenti e professori pisani, soprattutto quelli dell'area fisica hanno dato alla formazione dell'Italia unita con il loro sacrificio nelle guerre di Indipendenza: troviamo tra essi Luigi Pacinotti, Riccardo Felici, Carlo Matteucci, e Ottaviano Fabrizio Mossotti, maggiore comandante del Battaglione Universitario Toscano formato da due compagnie di senesi e quattro compagnie di pisani. E poi come non ricordare il contributo dato da fisici pisani come senatori e come membri di governo alla formazione del Regno d'Italia: tra essi troviamo ancora Matteucci e Mossotti. E mi piace ricordare che nella da poco celebrata unità nazionale l'allora Confaloniere della Città di Pisa, Del Punta, organizzava per il 15 febbraio 1864 una grande festa per celebrare i 300 anni dalla nascita di Galileo Galilei invitando la cittadinanza, negli appena ritrovati tempi liberi, "a concorrere nel modo migliore a far che la Festa non riesca indegna di Galileo, luce del Mondo, gloria d'Italia, onore di Pisa", come scritto, con uno stile enfatico dell'epoca, nei manifesti che erano affissi in città.

Tutto questo e molto altro che il tempo necessariamente breve del mio intervento non mi consente ricordare, è per sottolineare che da sempre il legame tra la grande comunità scientifica che vede impegnate Università, Scuola Normale Superiore, Scuola Superiore S. Anna, CNR, INFN, INGV, e il territorio è stato molto forte ed è stato ciò che ha contribuito a formare più che una società culturale avanzata, un gradino importante di una civiltà culturalmente avanzata.

Quanto mai significativa è stata quindi

la scelta della Società Italiana di Fisica di celebrare la coincidenza del suo 100° Congresso Nazionale e del 450° anno dalla nascita di Galileo Galilei nella città di Pisa. Galileo Galilei è infatti pisano, fu battezzato nella chiesetta di S. Andrea a pochi passi dalla sede del Congresso e dal teatro Verdi ove, nella serata di martedì 23 settembre, la Società Italiana di Fisica offrirà ai congressisti e a tutta la cittadinanza di Pisa lo spettacolo "Io dico l'Universo - Letture galileiane" interpretate da Giulio Scarpati e illustrate da Alessandro Bettini, con musiche del fratello e del padre di Galileo Galilei. Inoltre, venerdì 26 settembre, presso la Scuola Normale Superiore ci sarà un pomeriggio dedicato alla presentazione di "Galileo Galilei da più punti di vista", quindi non solo come scienziato, ma anche come scrittore, letterato e pittore.

A Pisa Galileo Galilei si è formato come studente, come scienziato, come docente, e poi ha operato in varie sedi. Ed è proprio questo che ancora oggi succede: in questi tempi, che pur sono difficili, non è diminuito il numero degli studenti iscritti a Fisica né il numero di domande di ammissione alla Scuola Normale Superiore o alla Scuola Superiore S. Anna. I nostri studenti ricevono una solida preparazione di studio e di ricerca nelle nostre scuole e poi diventano ricercatori, dirigenti di ricerca e docenti apprezzati ovunque: è questa una grande risorsa, a mio avviso, ed è ciò che fa grandi le nostre istituzioni scientifiche e rinomata la città che le ospita.

Grazie per l'attenzione e auguro a tutti buon proseguimento.

**L. Cifarelli:** Grazie.

Allora, nel chiedere questa prima parte della Cerimonia Inaugurale vorrei annunciare che a voi che avete avuto la gentilezza di intervenire per portarci il vostro saluto, la Società consegna una speciale Medaglia del 100° Congresso Nazionale e una copia anastatica - realizzata in occasione del 100° anniversario della Società nel 1997 sotto la presidenza di Renato Angelo Ricci - dell'opera di Galileo Galilei, stampata a Roma dall'Accademia dei Lincei nel 1613, "Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti".

Come ogni anno inizia ora la nostra tradizionale Cerimonia di Premiazione che vede coinvolti i giovani e i meno giovani. Comincio con la consegna di diplomi e medaglie ai **SOCI BENEMERITI** della Società Italiana di Fisica, illustri colleghi che hanno onorato la Società e la Scienza con i loro contributi. In ordine alfabetico, chiamo:

- Ennio ARIMONDO dell'Università di Pisa, Socio Benemerito per i suoi contributi dati alla Fisica Atomica Teorica e alla Società Italiana di Fisica.

- Silvia DALLA TORRE dell'INFN di Trieste, Socio Benemerito per i suoi contributi alla

Fisica Nucleare Sperimentale e alla Società Italiana di Fisica.

**S. Dalla Torre:** Avendo organizzato il Congresso dell'anno scorso, quest'anno mi sto godendo questa bellissima inaugurazione in piena serenità. Ringrazio Luisa e la Società Italiana di Fisica.

**L. Cifarelli:** Chiamo ora:

- Enzo DE SANCTIS dell'INFN di Frascati, Socio Benemerito per i suoi contributi alla Fisica Nucleare Sperimentale e alla Società Italiana di Fisica.

**E. De Sanctis:** Volevo intanto ringraziare il Presidente, insieme al Consiglio di Presidenza, per questo riconoscimento che mi è particolarmente grato, perché in qualche modo mostra che è stata apprezzata la mia lunga e appassionata presenza alla SIF.

**L. Cifarelli:** Grazie. Chiamo adesso:

- Marcello GIORGI dell'Università di Pisa, Socio Benemerito per i contributi dati alla Fisica Subnucleare Sperimentale e alla Società Italiana di Fisica. È anche il primo dei relatori generali del Congresso.

**M. Giorgi:** Io ti ringrazio di questo riconoscimento e le cose che ho da dire le dirò fra pochi minuti.

**L. Cifarelli:** Chiamo adesso:

- Pasqualino MADDALENA dell'Università di Napoli "Federico II", Socio Benemerito per i suoi contributi dati all'Ottica Sperimentale e alla Società Italiana di Fisica.

**P. Maddalena:** Sono onorato di ricevere questo premio, ringrazio il Presidente e tutto il Consiglio di Presidenza della SIF. Sono fortunato perché questo riconoscimento mi viene dato nella 100° edizione del Congresso, in una sede prestigiosa quale l'Università di Pisa, quindi da questo punto di vista non potevo chiedere di più. Detto questo, vi ringrazio e a tutti auguro buon lavoro.

**L. Cifarelli:** Poi abbiamo:

- Guido PIRAGINO dell'Università di Torino, Socio Benemerito per i suoi contributi dati alla Fisica Nucleare Sperimentale e alla Società Italiana di Fisica. Piragino non è potuto venire. Gli consegnerò personalmente la medaglia a Torino.

Infine chiamo:

- Angiolino STELLA dell'Università di Pavia, Socio Benemerito per i suoi contributi alla Fisica della Materia Sperimentale e alla Società Italiana di Fisica.

**A. Stella:** Grazie. Continuo a condividere gli sforzi della Società Italiana di Fisica. È molto importante in un periodo difficile come questo lavorare e lavorare con convinzione.

Il motto delle celebrazioni dei 650 anni della fondazione dell'Università di Pavia che ho coniato è "Il futuro ha radici profonde". Oggi abbiamo parlato delle radici profonde della Fisica italiana. Pensiamo al futuro e pensiamo ai giovani, io sarò sempre qui.

**L. Cifarelli:** Grazie davvero. Adesso vorrei consegnare la Medaglia del 100° Congresso Nazionale della SIF a un personaggio speciale della nostra Società, ossia:

- al Presidente Onorario della Società Italiana di Fisica, Renato Angelo RICCI, Presidente della SIF dal 1982 al 1998.

**R.A. Ricci:** Vorrei dire soprattutto due cose. La prima è che questo riconoscimento, che io ovviamente accetto con piacere e onore, forse travalica anche la mia persona, e la ragione è molto semplice. Io sono Socio della SIF dal 1956, ho partecipato al mio primo Congresso a Torino nel 1956, ero assistente di Perucca, quindi sono 58 anni che seguo ininterrottamente i congressi della SIF. Forse è soltanto per questo che ho meritato la medaglia. Tuttavia credo, spero, non sia soltanto per questo, ma anche per l'attività che ho svolto all'interno della SIF, che però non riguarda soltanto la mia particolare persona. Infatti la Società Italiana di Fisica, con i suoi trascorsi antichi, ma anche dal dopoguerra, da Polvani in poi, ha costituito in Italia un qualche cosa, secondo me, di unico per la sua capacità di radunare insieme tutti i ricercatori di un certo settore e per il modo in cui è riuscita a farli interagire e colloquiare con quelli di altre discipline. E credo che questo sia dovuto a diversi fattori essenziali: alla lungimiranza, all'attenzione e all'intelligenza di coloro che hanno diretto la Società in tutto questo periodo, da Polvani a Bernardini, a Toraldo di Francia, a Castagnoli, modestamente al sottoscritto per diciassette anni e ai miei successori di cui uno vorrei ricordare con particolare affetto, perché è succeduto immediatamente a me, cioè Bassani. Infine al nostro Presidente, cui faccio i miei migliori complimenti e auguri per il modo con cui la Società viene oggi condotta.

La seconda cosa è che la Società Italiana di Fisica non potrebbe costituire questa organizzazione che ha di per sé non soltanto la capacità di muoversi all'interno del contesto culturale del nostro Paese, ma anche quella di strutturarsi in modo da stabilire delle connessioni importanti ed efficaci con le maggiori associazioni internazionali oltre che nazionali, se non avesse uno staff di prima grandezza. E io vorrei quindi dedicare questa medaglia al personale della SIF come simbolo di tutta l'attività che noi abbiamo diretto e voi avete organizzato: tutte le nostre attività. Grazie.

**L. Cifarelli:** Grazie Renato. Adesso passiamo alla parte della

premiatura che riguarda i giovani. Comincio con i premi per le migliori comunicazioni presentate lo scorso anno, al 99° Congresso Nazionale della SIF che ha avuto luogo a Trieste dal 23 al 27 settembre 2013. I premi per le migliori comunicazioni si dividono in primo premio, secondo premio e menzione, e tutti danno dignità di stampa sulla nostra rivista *IL NUOVO CIMENTO*; i secondi classificati ricevono un diploma e i primi ricevono anche un piccolo premio in denaro.

I **PREMI PER LE MIGLIORI COMUNICAZIONI** sono congiuntamente offerti da *IL NUOVO CIMENTO*, *THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL (EPJ)* e da *EPL*. Si riferiscono alle varie Sezioni parallele del Congresso (nominerò solo i premiati che avevano fatto sapere di poter essere presenti alla Cerimonia odierna):

- Per la Sezione di **Fisica Nucleare e Subnucleare**, il Primo Premio ex aequo va a Linda FINCO dell'Università di Torino e INFN, Sezione di Torino, per la sua comunicazione "Properties of the Higgs-like boson in the  $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\ell$  decay channel at CMS"; e a Federica MINGRONE dell'Università di Bologna e INFN, Sezione di Bologna, per la sua comunicazione "Neutron cross sections in stellar nucleosynthesis: study of the key isotope  $^{25}\text{Mg}$ ". Il Secondo Premio ex aequo va a Simone Michele MAZZA dell'Università di Milano e INFN, Sezione di Milano, per la sua comunicazione "Ricerca del bosone di Higgs nel canale doppio fotone più energia trasversa mancante"; e a Alice MAGNANI dell'Università di Pavia e INFN, Sezione di Pavia, per la sua comunicazione "Osservazione e simulazione di annichilazione di antiprotoni di bassa energia su un rivelatore monolitico di silicio".

- Per la Sezione di **Fisica della Materia**, il Primo Premio va a Federico Aiace GORELLI dell'INO-CNR e LENS, Firenze, per la sua comunicazione "Structure and Dynamics in dense alkali metals".

- Per la Sezione di **Fisica Astroparticellare, Astrofisica e Cosmologia**, il Secondo Premio va a Federico PANICHI dell'Università di Bologna, per la sua comunicazione "La migrazione planetaria in un disco di planetesimi: modello a singolo pianeta".

- Per la Sezione di **Geofisica, Fisica dell'Ambiente e Oceanografia Fisica**, il Primo Premio va a Michael PEZZOPANE dell'INGV, Roma, per la sua comunicazione "Aumenti impulsivi notturni del parametro foF2 nella ionosfera a bassa latitudine: fenomenologia e possibili interpretazioni". Il Secondo Premio va a Andrea RIGONI GAROLA dell'Università di Padova e INFN, Sezione di Padova, per la sua comunicazione "Effectiveness of a muon tomography portal for shielded radioactive sources detection in scrap metal heavy duty transportation".

- Per la Sezione di **Biofisica e Fisica Medica**, il Secondo Premio va a Giovanni PIRRONE dell'Università di Pisa e INFN, Sezione di Pisa, per la sua comunicazione "Detector prototype

for nuclear imaging applications".

- Per la Sezione di **Fisica Applicata**, il Secondo Premio va a Felicia Carla Tiziana BARBATO dell'Università di Napoli "Federico II" e INFN, Sezione di Napoli, per la sua comunicazione "Verso una nuova generazione di fotorivelatori VSiPMT (Vacuum Silicon Photo Multiplier Tube)".

- Per la Sezione di **Fisica per i Beni Culturali**, il Primo premio va a Claudia CONTI dell'ICVBC-CNR, Milano, per la sua comunicazione "Investigation with High-Resolution Neutron Radiography of the diffusion of conservation products in matrices employed in Cultural Heritage". Il Secondo Premio va a Anna MAZZINGHI dell'Università di Firenze e INFN, Sezione di Firenze, per la sua comunicazione "Analisi XRF (X-ray fluorescence) per lo studio della tecnica pittorica e del degrado degli affreschi del Beato Angelico".

- Per la **Sezione di Fisica Generale, Didattica e Storia della Fisica**, il Primo Premio va a Giacomo ZUCCARINI dell'Università di Udine, per la sua comunicazione "Connessioni tra significato fisico dello stato quantico e sue rappresentazioni formali: un'indagine su studenti di Fisica del 3° anno". Il Secondo Premio va a Emanuela COLOMBI dell'Università di Parma, per la sua comunicazione "I moti del '31 in Parma: il ruolo dell'Università, di Macedonio Melloni e degli studenti".

- Per la Sezione di **Fisica degli Acceleratori**, il Primo Premio va a Marco BELLAVEGLIA dell'INFN, Laboratori Nazionali di Frascati, RM, per la sua comunicazione "fs (frequency shift) synchronization system for advanced accelerator applications". Il Secondo Premio va a Enrica CHIADRONI dell'INFN, Laboratori Nazionali di Frascati, RM, per la sua comunicazione "Linac-based THz radiation source".

Passiamo adesso ai cosiddetti **PREMI DI OPEROSITÀ SCIENTIFICA**. Questa è una dizione antica che a me piace molto. I premi sono di due tipi e sono riservati ai giovani laureati in Fisica rispettivamente dopo il maggio 2011 e dopo il maggio 2007. Questi premi, in parte offerti da CAEN, sono solitamente intitolati ai passati Presidenti della Società Italiana di Fisica. Iniziamo con i laureati dopo il maggio 2011:

- Il **Premio "Pietro Blaserna"**, fondatore e primo Presidente della SIF dal 1897 al 1898, va a Livia CASALI, laureata in Fisica presso l'Università di Roma Tor Vergata e attualmente dottoranda presso il Max Planck Institute for Plasma Physics, Garching, Germania.

- Il **Premio "Giuseppe Franco Bassani"**, Presidente della SIF dal 1999 al 2007, va a Guido PAGANO, laureato in Fisica presso l'Università di Roma "La Sapienza" e attualmente perfezionando alla Scuola Normale Superiore di Pisa.

- Il **Premio "Giovanni Polvani"**, Presidente della SIF dal 1947 al 1961 e fondatore della Scuola di Varenna nel 1953, va a Lucia

QUATTROCCHI, laureata in Fisica presso l'Università di Messina e attualmente dottoranda presso la stessa Università.

Passiamo quindi ai meno giovani, laureati dopo il maggio 2007:

- Il **Premio "Gilberto Bernardini"**, Presidente della SIF dal 1962 al 1967 e primo Presidente fondatore della European Physical Society, va a Marco ENDRIZZI, laureato in Fisica presso l'Università di Pisa e attualmente research associate presso lo University College, Londra, UK.

- Il **Premio "Laura Bassi"**, che nel 1732 fu la prima donna socia dell'Accademia dell'Istituto delle Scienze di Bologna e la prima al mondo a ottenere la cattedra universitaria di Filosofia Universa, ossia Fisica, va a Chiara TOLDO, laureata in Fisica presso l'Università di Padova e attualmente post-doc presso la Columbia University, New York, USA.

Vengo ora al **Premio "Giuliano Preparata" per la Fisica Teorica**, assegnato grazie al contributo dell'Associazione per la Fondazione "Giuliano Preparata". Il premio è consegnato dalla Dottoressa Emilia Campochiaro Preparata, che pregherei raggiungermi, e va a Giacomo DOLCETTO, laureato in Fisica presso l'Università di Genova e attualmente dottorando presso la stessa Università, "per le sue ricerche originali sulla fisica degli isolanti topologici frazionari".

Abbiamo poi **Premio "Piero Broveto" per la Fisica Sperimentale della Materia**, intitolato a un nostro carissimo Socio che ci ha lasciati recentemente e assegnato grazie al contributo della famiglia. Il premio è consegnato dalla Professoressa Vera Maxia Broveto e va a Marta DE LUCA, laureata in Fisica presso l'Università di Roma "La Sapienza" e attualmente dottoranda presso la stessa Università, "per le sue ricerche originali sui semiconduttori del gruppo III-V in strutture a bassa dimensionalità, in particolare per lo studio delle proprietà magneto-ottiche dei semiconduttori nanostrutturati".

Passo a un premio di lunga tradizione per la SIF, il **Premio "Pietro Bassi" per la Fisica Nucleare Fondamentale**, assegnato grazie al contributo della famiglia. Il premio va a Elisa MANONI, laureata in Fisica presso l'Università di Perugia e attualmente post-doc presso l'INFN, Sezione di Perugia, "per i suoi contributi originali agli studi della fisica del mesone B in esperimenti con collisori  $e^+e^-$ ".

Altro premio di consolidata tradizione è il **Premio "Sergio Panizza" per la Optoelettronica o la Fotonica**, assegnato grazie al contributo della Laser Optronic di Milano. Consegna il premio il Signor Gabriele Galimberti. Quest'anno

il premio è assegnato per la Fotonica a Matteo CLERICI, laureato presso l'Università dell'Insubria, Como e attualmente post-doc all'Heriot-Watt University, Edinburgh, UK, "per i contributi innovativi sia teorici sia sperimentali alla Fotonica nel regime dei THz".

Vengo ora alla **Borsa "Ettore Pancini" per la Fisica Nucleare e Subnucleare**, assegnata grazie al contributo del Dottor Roberto Mazzola del CNR di Portici. La Borsa va a Flavio ARCHILLI, laureato in Fisica presso l'Università di Roma Tor Vergata e attualmente fellow al CERN, Ginevra, "per il suo contributo determinante alla ricerca di effetti di nuova fisica tramite lo studio del decadimento raro  $B(s,d) \rightarrow \mu^+\mu^-$  nell'esperimento LHCb".

Abbiamo poi il **Premio "Romeo Bassoli" per l'Outreach**, intitolato da quest'anno alla memoria di Romeo Bassoli, l'amico giornalista che ci ha prematuramente lasciati l'anno scorso. Il premio va a Marco GALLIANI, Addetto Stampa Relazioni Esterne e Istituzionali dell'INAF, Sede Centrale di Roma, "per la sua intensa attività di comunicazione e approfondimento di temi di Astrofisica e lo sviluppo di strumenti multimediali e innovativi".

Passo al **Premio "Guglielmo Marconi" per il Trasferimento Tecnologico delle Ricerche in Fisica**. Il premio va, come riconoscimento, a una Ditta che negli ultimi cinque anni abbia conseguito o promosso, con ricerche svolte in collaborazione con l'università e/o istituti di ricerca, una significativa applicazione della Fisica a livello industriale. Al riconoscimento è associata una borsa per giovani ricercatori che abbiano partecipato a questa impresa di trasferimento tecnologico.

La Ditta vincitrice è la G.E.M. ELECTRONICS di San Benedetto del Tronto, "per il contributo originale dal punto di vista scientifico e manageriale nella progettazione e sviluppo di sorgenti laser innovative operanti nel vicino e medio infrarosso, basate su cristalli di cloruri di elevata qualità ottica drogati con opportune terre rare". Ritira il diploma l'Ingegnere Stefano ALIDORI, Direttore del Laboratorio di Fotonica. La borsa viene data ex aequo a due giovani:

- Marco VITIELLO della G.E.M. ELECTRONICS, "per il suo contributo originale allo sviluppo di sensori basati su sorgenti laser infrarosse a media lunghezza d'onda".

- Daniela PARISI del CNR-NEST, Pisa, "per il contributo dato alla crescita e caratterizzazione di cristalli fluoruri per applicazioni laser nelle regioni spettrali a media e corta lunghezza d'onda".

Altro premio di tradizionale importanza

nella SIF è il **Premio per la Didattica o la Storia della Fisica** che quest'anno è stato assegnato per la Didattica a Paola SCHREPPER, in rappresentanza delle maestre della Scuola Primaria di Villa Guardia, Como, "per aver creato assieme alle colleghe entusiasmo per la Fisica tra gli alunni delle scuole elementari con una serie di esperimenti molto adatti ai bambini".

**P. Schrepfer:** Solo due parole. Siamo emozionatissime, volevamo ringraziare la Società Italiana di Fisica a nome dei nostri ragazzi, perché ci hanno proprio raccomandato di farlo anche da parte loro, e a nome dell'Università dell'Insubria. Il vero merito è dei docenti e dei ricercatori dell'Università che con noi hanno creato tutto ciò, hanno trasmesso questo entusiasmo ai ragazzi. Noi abbiamo soltanto realizzato il prodotto con i bambini, i quali si sono appassionati tantissimo, però il lavoro effettivamente svolto dall'Università dell'Insubria di Como è eccezionale. Vengono gratuitamente nelle scuole, diffondono la Fisica in modo pratico e giocoso, e ci tengo a puntualizzare questo per riagganciarci proprio a quello che è stato detto prima. È di fondamentale importanza partire già in giovane età a diffondere la voglia, l'entusiasmo per le materie scientifiche se vogliamo in futuro avere uno Stato rappresentato anche da scienziati di livello e se poi vogliamo avere anche sempre più giovani che lavorino nel campo della Scienza e della Fisica. Grazie.

*(Parla la collega di Paola Schrepfer)*

Ed è stato un successo perché nella nostra zona si sta allargando a macchia d'olio proprio questo intervento da parte degli scienziati, come li chiamiamo noi, nei confronti dei bambini.

**L. Cifarelli:** I would like to call now Doctor Philip Diamond, Associate Director for Programmes, Performance and Policy of the Institute of Physics of the United Kingdom, for the award of the **"Giuseppe Occhialini" Prize**.

**P. Diamond:** Thank you. It's an honour to be invited here today at your conference. Please excuse me for speaking in English. The "Giuseppe Occhialini" Prize has been promoted jointly by the Italian Physical Society and the Institute of Physics in 2007 on the occasion of the Centenary of the birth of Giuseppe Occhialini. With the aim to honour his memory as well as to strengthen the relationships between our two societies. The prize is at now set on an annual basis alternatively by one of the two societies to award a physicist selected from a list of candidates proposed by the other society. The winner of the "Giuseppe Occhialini" Prize 2014 has been selected by the Institute of Physics Award Committee from



Phil Diamond, Luisa Cifarelli e Alessandro Tredicucci, vincitore del Premio "Giuseppe Occhialini" 2014.

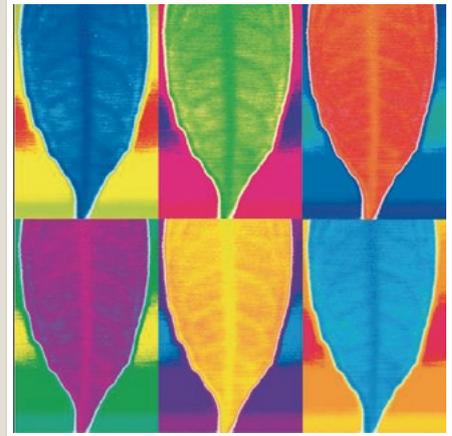


Immagine in falsi colori della trasmissione di una foglia acquisita a 0.3 Terahertz con un rivelatore in grafene.

the range of candidates submitted by the SIF Council. We are honoured and happy to award the "Giuseppe Occhialini" Prize to Alessandro TREDICUCCI, Università di Pisa:

"For his innovative contributions to the realization of Terahertz heterostructure devices".

**A. Tredicucci:** I would just like to say that I'm really happy to get this prize here in Pisa because I've been hosted by Pisa since I was a student and then, after I came back from the US, I basically was in all the Physics Institutions of Pisa: first at the Scuola Normale Superiore as an assistant professor, then I switched to CNR and now I am at Pisa University. I would also like to thank particularly all the UK people, since this prize should be shared with the Institutes of Physics, that have made all this research on Terahertz nanostructure possible, and especially with people at the University of Cambridge, David Ritchie, Harvey Beere and the people at the University of Leeds who have worked with us on the cascade lasers, and more recently Andrea Ferrari at the University of Cambridge. Let me continue in Italian.

La radiazione Terahertz (THz), ovvero la regione di frequenze tra le microonde e l'infrarosso, è un candidato promettente per applicazioni che vanno dal controllo di qualità nell'industria all'identificazione di esplosivi nei sistemi di sicurezza. A simili frequenze infatti la radiazione è completamente sicura dal punto di vista della salute. Tuttavia è anche in grado di penetrare in materiali che sarebbero opachi alla luce, come carta, plastica, semiconduttori ecc. La complessità e il costo dei sistemi commerciali attuali limitano l'uso su larga scala di questa tecnologia.

Per quanto sembri paradossale, vista la lunghezza d'onda sub-millimetrica dei raggi THz, la realizzazione di dispositivi che consentano di superare tali limiti passa attraverso lo sviluppo delle nanotecnologie.

Nel campo dei laser a semiconduttore, le eterostrutture quantistiche (strati alternati di semiconduttori diversi che confinano il moto degli elettroni su scala nanometrica) hanno consentito di implementare i primi laser THz basati sul cosiddetto principio della cascata quantica. Questi hanno ora raggiunto efficienze record e larghezze di riga vicine al limite quantistico e possono finalmente operare anche a temperatura ambiente, sia pure in questo caso utilizzando un meccanismo di generazione basato sulle non-linearità ottiche. Ma un altro fronte di ricerca molto interessante si è aperto recentemente, teso alla produzione di impulsi laser ultracorti e alla generazione di comb di frequenza tramite tecniche di locking in fase.

Nel campo della rivelazione invece, sono stati dimostrati dispositivi nanostrutturati innovativi, basati su transistor in nanofili a semiconduttore e successivamente in grafene, che appaiono estremamente promettenti. Al momento si tratta già di rivelatori funzionanti a temperatura ambiente, con ottime sensibilità e velocità di risposta, ma un nuovo livello di prestazioni potrebbe essere raggiunto in sistemi balistici ad alta mobilità grazie all'eccitazione risonante di onde di plasma stazionarie.

Questi risultati rendono già ora disponibile una completa piattaforma che opera nel range dei Terahertz a stato solido, sia in aria libera che guidata, pronta per lo sfruttamento commerciale.

I would like to thank Fabio Beltram who brought me here back from the US a few years ago and thank you all for your attention, the Institute of Physics and the SIF for the award of this prize. Thanks a lot.

**L. Cifarelli:** As you know this is the 100th Congress of the Italian Physical Society, it's an historical event. This is why we had many and very appropriate opening addresses at the

beginning of this session, which have obliged me to cut you short. Thank you very much.

Vengo ora al prestigioso PREMIO "ENRICO FERMI" DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA. Il premio è stato istituito in occasione del centenario della nascita di Enrico Fermi per onorare la memoria di questo grandissimo scienziato italiano e legare il suo nome illustre alla Società Italiana di Fisica. Il premio è assegnato a uno o più Soci che abbiano particolarmente onorato la Fisica italiana con le loro scoperte. I vincitori vengono selezionati da una commissione costituita da rappresentanti di CNR, INAF, INFN, INGV, INRIM e Centro Fermi (Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche "Enrico Fermi"), nonché da un rappresentante del Consiglio della Società Italiana di Fisica. La commissione è presieduta dal Presidente della Società. La medaglia che accompagna il premio è una fedele riproduzione del medaglione in bronzo, opera di Giannino Castiglioni, posto nell'Aula Magna di Villa Monastero a Varenna, dove fu murato nel 1954 quando l'Aula e la Scuola Internazionale di Fisica vennero intitolate a Enrico Fermi dall'allora Presidente, Professor Giovanni Polvani.

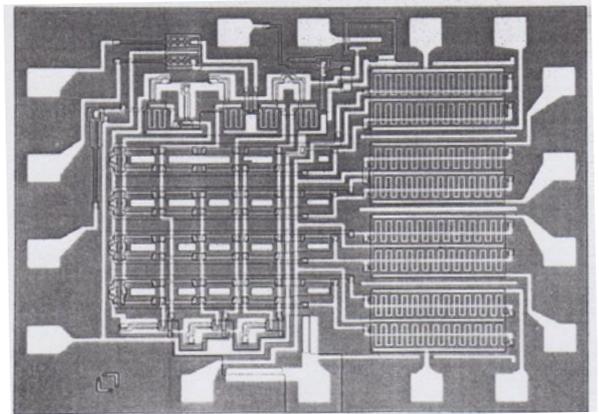
Il Premio "Enrico Fermi" va per la prima volta a una scoperta tecnologica e ho il piacere di annunciare che il premiato per il 2014 è Federico FAGGIN, Chairman emeritus di Synaptics e Presidente della "Federico Faggin and Elvia Faggin Foundation", con la seguente motivazione:

"Per l'ideazione della tecnologia MOS con gate al silicio che lo ha condotto alla realizzazione nel 1971 del primo moderno microprocessore".

**F. Faggin:** Innanzitutto ringrazio la Società Italiana di Fisica per questo graditissimo premio che mi porta un'altra volta a Pisa, città che amo. Vorrei farvi una rapida storia della tecnologia silicon gate. Continuerò in inglese.



Luisa Cifarelli con Federico Faggin, vincitore del Premio "Enrico Fermi" 2014.



Il Fairchild 3708, è il primo circuito integrato commerciale al mondo che usa gate autoallineati fatti con silicio policristallino, introdotto nel 1968.

The MOSFET transistor was invented in 1959 by M. Atalla and D. Kahng at Bell Labs, and the first commercial MOS integrated circuit (IC) – a 20-bit shift register – was introduced in the market in 1964 by General Microelectronics. By 1968, most MOS ICs had high threshold voltage P-channel MOS transistors with 24 volt supply voltage and were primarily random logic custom circuits, shift registers, and read-only memories (ROM), devices where high levels of integration were necessary, and low operating speed was sufficient. However, more than 90% of the integrated circuits produced that year used bipolar technology.

The nascent MOS industry was in search of a low-threshold-voltage process to improve the speed-power product of the incumbent process, but such process required [100] orientation silicon with parasitic channel stoppers that drastically reduced the integration level – the key advantage of the MOS technology. Those were the days when MOS ICs had poor reliability compared to bipolar, and their speed was limited by the Miller effect caused by the large parasitic gate-to-drain capacitance,  $C_{gd}$ , resulting from the need to align the gate electrode to the source and drain regions of the transistors.

In 1966 R. Bower realized that if the gate electrode was defined first it would be possible not only to minimize  $C_{gd}$ , but also to make it insensitive to misalignment. He proposed a method by which the aluminum gate was used as a mask to define the source and drain regions of the transistor. This method required ion implantation, a new doping technique still in development at Hughes Aircraft, the employer of R. Bower. However, Bower's idea was only a proof of principle and was never used because a gate material capable of sustaining higher temperatures than aluminum was needed.

In 1967 John C. Sarace and collaborators at Bell Labs made the first self-aligned gate MOS transistors using gate electrodes made of vacuum-evaporated amorphous silicon. However, the process used was only suitable for the fabrication of discrete transistors and not for integrated circuits, and was not pursued further.

In February 1968, I joined the MOS process development group of Fairchild Semiconductor R&D Laboratory in Palo Alto, California, directed by Les Vadasz. I was put in charge of the development of a low-threshold-voltage, self-aligned gate MOS process technology, reporting to Vadasz. At that time no one had yet devised the process architecture needed to make integrated circuits with silicon gate, and I was unaware of prior work. Just before joining Fairchild, I had developed the aluminum-gate MOS process for SGS-Fairchild, Agrate Brianza, Italy and I had also designed SGS' first two commercial MOS ICs.

I was assisted by Tom Klein, and my first tasks were to invent the process architecture, design the detailed processing steps to fabricate MOS ICs with silicon gate, and develop the method to precision-etch amorphous silicon. My key idea was to start the process by etching a tub on the initial oxide that would define the area where the source, drain, and gate of each transistor were going to be formed. Using [111] orientation silicon, a thinner gate oxide, and taking advantage of the 1.1 volt lower work function between a gate made with heavily P-type doped silicon and a gate made of aluminum, it was possible to design a self-aligned-gate, low-threshold-voltage process that could use 15 volt supply voltage rather than the 24 volt of the incumbent technology.

I made the first working MOS transistors and test structures with silicon gate by April 1968. I then designed the first integrated circuit with silicon gate – the Fairchild 3708,

an 8-bit analog multiplexer with decoding logic – which worked perfectly by July 1968, and was commercialized by the end of 1968, after the process was properly characterized and much improved during the intervening months. The 3708 was functionally identical to the 3705, a production IC that Fairchild Semiconductor had difficulty in making on account of its rather stringent specifications.

Between July and October 1968 several improvements were added to the process to make it viable for the production of commercial ICs. The two most important innovations were: 1) replacing the vacuum-evaporated amorphous silicon with polycrystalline silicon obtained by vapor-phase deposition. This critical improvement became indispensable since amorphous silicon tended to break at oxide steps; 2) using phosphorous gettering to soak up and eliminate the impurities which are always present in transistors, causing reliability problems. With phosphorous gettering, the junction leakage current was also dramatically reduced allowing superior dynamic circuits to be produced, like dynamic RAMs. With silicon gate, the long-term reliability of MOS transistors soon reached the level of bipolar ICs, removing one major obstacle to the wide adoption of MOS technology.

By the end of 1968 the silicon gate technology had achieved impressive results. Comparing the 3708 with the aluminum gate 3705, the 3708 was 5 times faster, it had about 100 times less leakage current, and the on-resistance of the large transistors making up the analog switches was 3 times lower. Further improvements were made in the following year with my inventions of the buried contact and the bootstrap load which allowed integrating twice as many random logic transistors in the same chip area, compared with aluminum gate MOS. These inventions led to the design of the

first microprocessor, also done by me in 1970 at Intel.

By 1976 the SGT became the core technology for the fabrication of all MOS integrated circuits worldwide, eventually replacing bipolar technology for nearly all applications. By 2014, all ICs with critical dimensions above 45 nm still use SGT, a business with a market value of about \$200 billion annually. When transistors have dimensions below 45 nm, the silicon dioxide must be replaced with new materials with high dielectric constant, which in turn require gate electrodes made with exotic metals. For 40 years, however, the SGT was the “working horse” of the semiconductor industry, allowing the scaling of transistors from 8000 nm down to 45 nm.

Since the silicon gate was entirely buried under top quality thermal oxide, the best insulator known, it was possible to create new device types, unfeasible with conventional technology. In particular, charge coupled devices (CCD), used for image sensors, and non-volatile memory devices using floating silicon gate structures, such as electrically programmable and UV erasable read only memories, EEPROM devices, and flash memories. These devices have dramatically enlarged the range of functions that could be made with solid state electronics fueling the information revolution that has swept society during the last fifty years.

Grazie mille, ringrazio ancora la Società Italiana di Fisica e devo dire che almeno metà di questa medaglia se l'è guadagnata mia moglie che mi ha dato un grandissimo supporto senza il quale non sarei riuscito a fare quello che ho fatto.

**L. Cifarelli:** I'm impressed! Congratulazioni vivissime.

Siamo giunti ora alla conclusione della nostra Cerimonia di Premiazione. Tuttavia quest'anno la Società Italiana di Fisica ha deciso di conferire una speciale medaglia d'oro. Si tratta della **MEDAGLIA “GALILEO GALILEI”** nel 450° anniversario della nascita del padre della Scienza moderna. Questa medaglia rientra nel quadro delle celebrazioni che la SIF organizza nel corso del suo 100° Congresso di Pisa. Avremo, in particolare, lo spettacolo al teatro Verdi “Io dico l'Universo – Letture galileiane” e il workshop SIF-SISS alla Scuola Normale “Galileo Galilei da più punti di vista”. Queste celebrazioni proseguiranno ancora fino alla fine dell'anno in collaborazione con altre società e istituzioni, tra cui, non solo le già citate Società Italiana di Storia della Scienza (SISS) e Scuola Normale Superiore, ma anche l'INFN, il Centro Fermi, la World Federation of Scientists e l'Accademia Pontificia delle Scienze,

e si concluderanno in dicembre a Erice presso il Centro Majorana con uno speciale evento rivolto ai giovani del progetto “La Scienza nelle scuole”.

La Medaglia “Galileo Galilei” è stata attribuita con decisione unanime del Consiglio di Presidenza della SIF ai Professori Tsung-Dao LEE della Columbia University di New York, USA e Antonino ZICHICHI dell'Università di Bologna con la seguente motivazione:

“Per il loro intenso ed efficace impegno per la diffusione in Italia e nel mondo, inclusa la Cina, del pensiero e delle opere di Galileo Galilei” / “For their intense and effective commitment to the dissemination in Italy and all over the world, including China, of the thoughts and works of Galileo Galilei”.

È qui presente il Professor Antonino Zichichi cui consegno la medaglia, con le congratulazioni vivissime da parte di noi tutti. Il Professor Lee non è potuto venire a Pisa, mi ha scritto una gentilissima lettera in cui dice:

“This ceremony is especially significant because the award is on the 450th birth anniversary of the great scientist and father of modern science, Galileo Galilei. Indeed, I am overwhelmed and humbled by such an honor. It is therefore with greatest regret that I won't be able to join you and Professor Zichichi celebrating this memorable ceremony on September 22<sup>nd</sup> in Pisa because of my poor health and inability to travel long distance anymore. With my warmest appreciation and regards to you and Nino. Tsung-Dao Lee”.

Allora, Professor Zichichi, vorrei pregarla di consegnare la Medaglia “Galileo Galilei” da parte nostra al Professor Lee quando lo vedrà.

**A. Zichichi:** Ringrazio la Professoressa Cifarelli e la Società Italiana di Fisica ed è mio compito adesso dimostrare che la battaglia da noi iniziata parecchio tempo fa era rigorosamente corretta. Ci sono istituzioni nel mondo, inclusa l'Italia, che purtroppo non si preoccupano di sapere quale è la verità scientifica delle grandi conquiste dell'intelletto umano. La relatività, il principio di relatività scritto da Galileo Galilei, non corrisponde a quello che è scritto nei libri, inclusi quelli italiani. Non quelli cinesi: libri pre-universitari. E infatti quando io sono andato in Cina all'inizio degli anni '80, il Presidente dell'Accademia Cinese nel suo discorso di benvenuto mi disse “ha fatto bene lei a dire a Berna in occasione del 100° anniversario della nascita di Einstein che il padre della relatività è Galileo Galilei. È così che noi lo insegniamo in Cina”. E mi regalò un libro in cinese per le scuole pre-universitarie – ovviamente io il cinese purtroppo non lo so leggere ma le formule sì – in cui si attribuisce a Galileo Galilei quello che lui aveva detto.

Mettetevi nei panni di una persona come



Antonino Zichichi, vincitore della Medaglia “Galileo Galilei”.

Galilei che nel 1600 dice che “qualunque esperimento si possa fare, non sarà mai possibile mettere in evidenza se siamo fermi nel porto di Livorno o su un mare piatto viaggiando a velocità costante”. Qualunque esperimento, non ha detto esperimenti con le pietre, con i corpi materiali, come dicono i libri. La relatività galileiana ancora oggi viene presentata in un modo non corretto, come se Galilei si riferisse solo al movimento dei corpi materiali. Ma manco per sogno! Lui ha detto qualunque esperimento. E per farsi capire ha fatto anche degli esempi. Se versiamo l'acqua in un bicchiere, e questa è idrodinamica, quest'acqua cade esattamente allo stesso modo se stiamo fermi nel porto di Livorno o se viaggiamo sul mare piatto a velocità costante. L'acqua, significa quindi idrodinamica e non solo meccanica.

Ma come se non bastasse, ed è questo il punto formidabile, Galilei fa l'esempio dell'incenso. Se bruciamo l'incenso, il fuoco si comporta allo stesso modo, il profumo è lo stesso. E questi sono fenomeni elettromagnetici. L'elettromagnetismo non era noto ai tempi di Galilei, non si conosceva la natura della luce, ma noi sappiamo che se non fosse per l'elettromagnetismo non sapremmo il sapore del vino cosa vuol dire, o l'odore dell'incenso. Quindi non è vero che il principio di relatività galileiano si riferisce al movimento dei corpi materiali. Si riferisce a qualsiasi esperimento, incluso l'elettromagnetismo. È incredibile ma è così.

Paradossalmente il principio di relatività è poi stato nuovamente scoperto proprio



Cartolina postale celebrativa emessa in Cina per commemorare l'esperimento di Galilei sulla caduta dei gravi.

studiando i fenomeni elettromagnetici, con 200 anni di scoperte e invenzioni sintetizzate in quattro righe, le quattro famose equazioni di Maxwell. E lo stesso Maxwell non si era accorto che le sue quattro equazioni obbediscono a una legge di invarianza, scoperta da Lorentz (infatti si parla di invarianza per trasformazioni di Lorentz), il quale Lorentz non poteva credere a quello che stava trovando. Che cosa trovò Lorentz? Che lo spazio e il tempo non si possono cambiare indipendentemente l'uno dall'altro. Se io cambio l'informazione spaziale debbo simultaneamente, immediatamente cambiare quella temporale. Quindi spazio e tempo non sono come li immaginava il grande filosofo dell'era moderna, Immanuel Kant. Da un lato c'è lo spazio e dall'altro c'è il tempo, no. Nasce così il concetto di spazio-tempo. Ma come se non bastasse questa quantità spazio-tempo non può essere reale, ma complessa. Se lo spazio è reale il tempo deve essere immaginario e viceversa. Lorentz scrisse queste cose ma non portò fino in fondo la sua scoperta di invarianza, quello che fece Einstein, estendendo dai fenomeni elettromagnetici a tutti i fenomeni fisici l'invarianza di Lorentz e scoprendo la famosa equazione di cui parlano tutti ma pochi ne capiscono il vero significato,  $E = mc^2$ .

Io ho avuto la fortuna di conoscere il più giovane assistente di Einstein, Peter Bergmann, che mi raccontò che Einstein gli disse che per tre mesi non poteva dormire quando scoprì  $E = mc^2$ . Cosa vuol dire  $m$ ? Massa o materia? Fino al 1905 nessuna persona al mondo si era accorta di questa differenza, che con la massa e con la materia bisogna essere molto molto attenti, perché se  $E = mc^2$  e  $m$  vuol dire materia, è come dire che l'acqua, non potrebbe esistere. Perché quell'acqua non si trasforma in energia? Se  $E$  è uguale a  $mc^2$ , dove  $c^2$  vuol dire costante, velocità della luce al quadrato,  $E$  vuol dire energia, uguale vuol dire uguale, cosa vuol dire  $m$ ? Materia o massa? E allora perché quel bicchiere d'acqua non esplode? Basterebbero 3 grammi per produrre la stessa energia che distrusse Hiroshima. Per tre mesi Einstein non poteva dormire, fino a quando gli venne l'idea

giusta. Nel 1897 J. J. Thomson aveva scoperto la più piccola quantità di elettricità detta elettrone, quindi la carica elettrica elementare. E si sapeva che quella cosa chiamata acqua è fatta di cariche elettriche negative, elettroni, e positive, protoni. Il protone è 2000 volte più pesante dell'elettrone, ma non si può trasformare in elettrone per via della conservazione della carica elettrica. A questo punto, secondo gli storici moderni, se non se ne fosse reso conto Einstein non avrebbe pubblicato il suo lavoro. Esattamente come farebbe qualunque persona che scoprisse un'equazione in base alla quale noi non potremmo esistere. Così stanno le cose.

La relatività paradossalmente è stata riscoperta proprio nei fenomeni elettromagnetici, non conosciuti da Galilei, ma da lui previsti. Qualunque esperimento non vuol dire se giocate con le palline e i materiali, no! Ma se accendete il fuoco o provate ad assaggiare il vino. Il sapore non cambia. Negli aeroplani che viaggiano a 1000 km/h il sapore del caffè è lo stesso di quello che c'è a Pisa. Ecco per quale motivo Tsung-Dao Lee progettò una grande statua in onore di Galilei (si veda l'immagine a pagina 79). Come mai in Cina Galilei è più noto che in Europa? Questa è la grande verità culturale del mondo in cui viviamo. Perché i padri gesuiti tradussero in cinese le due opere di Galilei, il "Dialogo sui due massimi sistemi del mondo" e i "Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze", le due nuove scienze in termini moderni sono la Fisica delle forze fondamentali e la Fisica della materia, queste sono le due cose che aveva già visto Galilei. Ecco come mai Galilei è noto in Cina più che nella sua Europa. Questa battaglia culturale per Galileo Galilei ha avuto inizio negli anni '80. Una grande statua di Galilei, realizzata in Cina su progetto di T. D. Lee, è stata portata nella Basilica di Stato della Repubblica Italiana offerta dal CCAST (China Center of Advanced Science and Technology) di Pechino. I cinesi regalarono alla Basilica di Stato Italiana, ed è ancora lì, la statua di Galilei, progettata da T. D. Lee e alta 5 metri. Chi volesse vederla vada a Roma alla Basilica di Santa Maria degli Angeli e Martiri, che è appunto la Basilica di Stato, e troverà

questo spettacolare tributo a Galileo Galilei, padre della Scienza moderna e chiamato da Enrico Fermi "Galilei", non "Galileo", perché giustamente Fermi disse: se chiamiamo Galilei "Galileo", dovremmo chiamare Newton "Isaac", perché lo chiamiamo Newton?

E qui c'è un'altra battaglia culturale. Non che Newton abbia mai detto "queste cose le ho scoperte io". Le tre leggi fondamentali della dinamica sono tutte e tre di Galilei, come io dimostro nel mio libro, "Galilei divin uomo". È stata la cultura britannica che ha attribuito a Newton questa paternità.

Nel quarto centenario dell'esperimento di Galilei fatto a Pisa e ignorato in Italia, a Pechino sono state stampate milioni di copie di cartoline dal governo cinese per celebrare  $m_i = m_g$ , cioè che la massa iniziale è uguale alla massa gravitazionale. Ci sono voluti 400 anni per capirlo, l'autore è Galilei ma non lo sa nessuno. Con l'esperimento della piuma e del martello, che il mio amico David Scott, comandante di Apollo 15, fece sulla Luna, si dimostra che Galilei aveva ragione. E David Scott, mio grande amico, esclamò "Galileo was right". Successe il finimondo poiché non aveva esclamato "Newton was right", ma lui che aveva avuto da me le informazioni giuste, in questo finimondo alla fine ne uscì con gloria. Infatti era effettivamente stato Galilei a dire come stavano le cose, non Newton. Newton non ha mai detto "l'ho detto io", gliel'hanno fatto dire gli altri. Perché? Perché noi siamo rimasti zitti. La cultura italiana è rimasta zitta. Ecco il perché della mia battaglia.

Io ringrazio la Società Italiana di Fisica e la Professoressa Cifarelli per avere richiamato l'attenzione della cultura detta moderna e sulle grandi conquiste della Scienza, e su chi è il padre della Scienza moderna: Galileo Galilei. Grazie ancora e io darò la medaglia a T. D. Lee.

**L. Cifarelli:** Grazie. La Cerimonia Inaugurale finisce qui, con un po' di ritardo ma, ripeto, si tratta quest'anno di un Congresso davvero eccezionale.

Ringrazio tutti i presenti e dichiaro adesso ufficialmente aperti i lavori del 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica.



## PAGINE DI GALILEO GALILEI

In occasione del 450° anniversario della nascita di Galileo Galilei, *Il Nuovo Saggiatore* ha pubblicato in ogni suo numero del 2014, pagine del sommo scienziato. La SIF ha messo in scena il 23 settembre, in occasione del suo 100° congresso, presso il Teatro Verdi di Pisa, lo spettacolo di letture galileiane "Io dico l'universo". Il DVD contenente la registrazione sarà disponibile on line.

Ormai prossimi all'International Year of Light 2015, riportiamo in questo numero alcuni Suoi contributi alle scienze della luce.

**LUCI**

H.J. Detouche, Galilei e il doge Leonardo Donato, Parigi, 1754. Padova, collezione privata.

### 1 Il cannocchiale e le lenti otticamente perfette

Il Nuovo Saggiatore ha già ricordato l'invenzione del cannocchiale [1] e della messa a punto di procedure per produrre e testare lenti "otticamente perfette", cioè limitate da diffrazione. Di Galilei, presso l'Istituto e Museo della Storia della Scienza di Firenze sono conservati due cannocchiali, ciascuno con obiettivo ed oculare, ed una lente obiettivo singola. Quest'ultima è quella usata per i satelliti di Giove, mandata in dono al Granduca Cosimo II da Galilei, come da sua lettera a Belisario Vinta del 19 marzo 1610. Essa purtroppo successivamente si ruppe e fu ricomposta (fig. 1).

Nel 1992, V. Greco, G. Molesini e F. Quercioli analizzarono con metodi interferenziali moderni queste lenti (fig. 2). Gli autori concludono [2] "Altogether, our tests of the lenses show that they are polished to a good spherical shape, and the presence of proper apertures on the objectives also shows Galileo's awareness of the need to tune the optical performance. As result, although affected by chromatic aberration, at single wavelength the telescpes are nearly diffraction-limited, that is, optically perfect." Il potere risolutivo, limitatato dal cromatismo, è di quasi 10 secondi d'arco. Nessun'altro all'epoca era in grado di fare altrettanto. Si può ben dire che con Galilei inizia l'ottica moderna sia come capitolo della fisica sia come tecnologia.

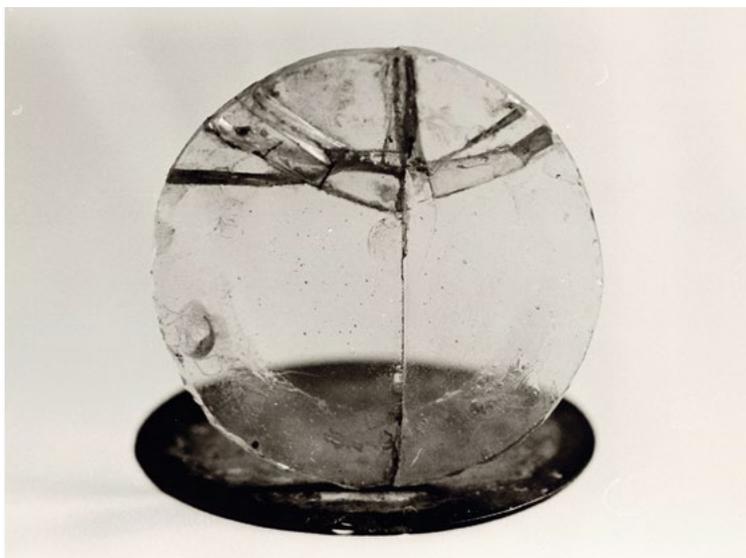


Fig. 1 Obiettivo usato per la scoperta dei satelliti di Giove (immagine riprodotta per gentile concessione dell'Archivio Fotografico del Museo Galileiano, Firenze, inv. IM55 2429).

## 2 La luce della Luna

La prima giornata del *Dialogo* è dedicata alla discussione delle somiglianze e diversità tra la Luna e la Terra. Nel paradigma aristotelico corrente la seconda era corruttibile, la prima no, e quindi i due corpi “dovevano” essere molto diversi. Ma Salviati-Galilei dimostra sette “concordanze”.

La sesta è che come la Luna illumina la Terra, così la Terra illumina la Luna, entrambe non di luce propria, ma diffondendo quella del Sole.

La parte non luminosa della Luna non ci appare mai completamente oscura, ma di una debole “luce cinerea” (fig. 3). Si pensava che fosse luce del Sole che attraversasse una Luna il cui corpo non fosse completamente opaco. Galilei dimostra la ragione vera.

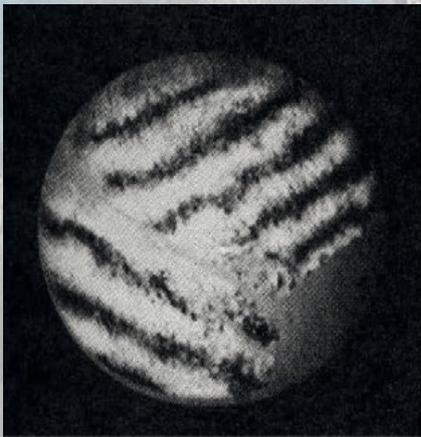


Fig. 2 Interferogramma della lente “rotta”. Le deviazioni delle frange da linee rette, a parte l'effetto della rottura, sono inferiori a mezzo passo, corrispondenti a deformazione del fronte d'onda dell'ordine di un quarto di lunghezza d'onda (immagine riprodotta da [2], per gentile concessione dell'Optical Society of America, ©OSA, 1993).

*Salv.* [...] dico, per la sesta congruenza tra la Luna e la Terra, che, sì come la Luna gran parte del tempo supplisce al mancamento del lume del Sole e ci rende, con la riflessione del suo, le notti assai chiare, così la Terra ad essa in ricompensa rende, quando ella n'è più bisognosa, col rifletterle i raggi solari, una molto gagliarda illuminazione, e tanto, per mio parere, maggior di quella che a noi vien da lei, quanto la superficie della Terra è più grande di quella della Luna.

*Sagr.* Non più, non più, signor Salviati; lasciatemi il gusto di mostrarvi come a questo primo cenno ho penetrato la causa di un accidente al quale mille volte ho pensato, né mai l'ho potuto penetrare. Voi volete dire che certa luce abbagliata che si vede nella Luna, massimamente quando l'è falcata, viene dal riflesso del lume del Sole nella superficie della Terra e del mare; e più si vede tal lume chiaro, quanto la falce è più sottile, perché allora maggiore è la parte luminosa della Terra che dalla Luna è veduta, conforme a quello che poco fa si concluse, cioè che sempre tanta è la parte luminosa della Terra che si mostra alla Luna, quanta l'oscura della Luna che guarda verso la Terra; onde quando la Luna è sottilmente falcata, ed in conseguenza grande è la sua parte tenebrosa, grande è la parte illuminata della Terra, veduta dalla Luna, e tanto più potente la riflessione del lume.

Perché ciò accada la superficie della Luna deve riflettere, “pulitissima e tersa come uno specchio”, o diffondere come una rugosa?

*Salv.* Noi cerchiamo, signor Simplicio, se per fare una riflessione di lume simile a quello che ci vien dalla Luna, sia necessario che la superficie da cui vien la riflessione sia così tersa e liscia come di uno specchio, o pur sia più accomodata una superficie non tersa e non liscia, ma aspra e mal pulita. Ora, quando a noi venisser due riflessioni, una più lucida e l'altra meno, da due superficie opposteci, io vi domando, qual delle due superficie voi credete che si rappresentasse a gli occhi nostri più chiara e qual più oscura.

*Simp.* Credo senza dubbio che quella che più vivamente mi riflettesse il lume, mi si mostrerebbe in aspetto più chiara, e l'altra più oscura.

*Salv.* Pigliate ora in cortesia quello specchio che è attaccato a quel muro, ed usciamo qua nella corte. Venite, signor Sagredo. Attaccate lo specchio là a quel muro, dove batte il sole; discostiamoci e ritiriamoci qua all'ombra. Ecco là due superficie percosse dal sole, cioè il muro e lo specchio. Ditemi ora qual vi si rappresenta più chiara: quella del muro o quella dello specchio? voi non rispondete?

*Sagr.* Io lascio rispondere al signor Simplicio, che ha la difficoltà; ché io, quanto a me, da questo poco principio di esperienza son persuaso che bisogna per necessità che la Luna sia di superficie molto mal pulita.

*Salv.* Dite, signor Simplicio: se voi aveste a ritrar quel muro, con quello specchio attaccatovi, dove adoprereste voi colori più oscuri, nel dipigner il muro o pur nel dipigner lo specchio?

*Simp.* Assai più scuri nel dipigner lo specchio.

*Salv.* Or se dalla superficie che si rappresenta più chiara vien la riflessione del lume più potente, più vivamente ci rifletterà i raggi del Sole il muro che lo specchio.

*Simp.* Benissimo, signor mio; avete voi migliori esperienze di queste? Voi ci avete posti in luogo dove non batte il reverbero dello specchio; ma venite meco un poco più in qua: no, venite pure.



Fig. 3 La Luna cinerea, foto di Marco Vesentini, riprodotta per gentile concessione dal sito <http://www.disastrofotografi.it/it/2-Photogallery-astronomia/6-Comete-e-Sistema-solare/275-Luce-cinerea.html>

*Sagr.* Cercate voi forse il luogo della riflessione che fa lo specchio?

*Simp.* Signor sí.

*Sagr.* Oh vedetela là nel muro opposto, grande giusto quanto lo specchio, e chiara poco meno che se vi battesse il Sole direttamente.

*Simp.* Venite dunque qua, e guardate di là la superficie dello specchio, e sappiatemi dire se l'è piú scura di quella del muro.

*Sagr.* Guardatela pur voi, ché io per ancora non voglio acceccare; e so benissimo, senza guardarla, che la si mostra vivace e chiara quanto il Sole istesso, o poco meno

*Simp.* Che dite voi dunque che la riflessione di uno specchio sia men potente di quella di un muro? io veggo che in questo muro opposto, dove arriva il riflesso dell'altra parete illuminata insieme con quel dello specchio, questo dello specchio è assai piú chiaro; e veggo parimente che di qui lo specchio medesimo mi apparisce piú chiaro assai che il muro.

*Salv.* Voi con la vostra accortezza mi avete prevenuto, perché di questa medesima osservazione avevo bisogno per dichiarar quel che resta. Voi vedete dunque la differenza che cade tra le due riflessioni, fatte dalle due superficie del muro e dello specchio, percosse nell'istesso modo per l'appunto da i raggi solari; e vedete come la riflessione che vien dal muro si diffonde verso tutte le parti opposteli, ma quella dello specchio va verso una parte sola, non punto maggiore dello specchio medesimo; vedete parimente come la superficie del muro, riguardata da qualsivoglia luogo, si mostra chiara sempre egualmente a se stessa, e per tutto assai piú chiara che quella dello specchio, eccettuatone quel piccolo luogo solamente dove batte il riflesso dello specchio, ché di là apparisce lo specchio molto piú chiaro del muro. Da queste cosí sensate e palpabili esperienze mi par che molto speditamente si possa venire in cognizione, se la riflessione che ci vien dalla Luna venga come da uno specchio, o pur come da un muro, cioè se da una superficie liscia o pure aspra.

Ma la Luna non è piana, ma sferica

*Sagr.* [...] Consideriamo adesso quel che accaderebbe quando lo specchio fusse di superficie sferica: ché senz'altro noi troveremo che della riflessione che si fa da tutta la superficie illuminata, piccolissima parte è quella che perviene all'occhio di un particolar riguardante, per esser una minimissima particella di tutta la superficie sferica quella l'inclinazione della quale ripercuote il raggio al luogo particolare dell'occhio; onde minima convien che sia la parte della superficie sferica che all'occhio si mostra splendente, rappresentandosi tutto il rimanente oscuro. Quando dunque la Luna fusse tersa come uno specchio, piccolissima parte si mostrerebbe a gli occhi di un particolare illustrata dal Sole, ancorché tutto un emisferio fusse esposto a' raggi solari, ed il resto rimarrebbe all'occhio del riguardante come non illuminato e perciò invisibile, e finalmente invisibile ancora del tutto la Luna, avvenga che quella particella onde venisse la riflessione, per la sua piccolezza e gran lontananza si perderebbe; e sí come all'occhio ella resterebbe invisibile, cosí la sua illuminazione resterebbe nulla, ché bene è impossibile che un corpo luminoso togliesse via le nostre tenebre col suo splendore e che noi non lo vedessimo. [...]

*Salv.* [...] Io ho veduto in una camera di sopra un grande specchio sferico: facciamolo portar qua, e mentre che si conduce, torni il signor

*Simplicio a considerare quanta è grande la chiarezza che vien nella parete qui sotto la loggia dal riflesso dello specchio piano.*

*Simp.* lo veggio che l'è chiara poco meno che se vi percotesse direttamente il Sole.

*Salv.* Così è veramente. Or ditemi: se, levando via quel piccolo specchio piano, metteremo nell'istesso luogo quel grande sferico, qual effetto credete voi che sia per far la sua riflessione nella medesima parete?

*Simp.* Credo che gli arrecherà lume molto maggiore e molto più amplo.

*Salv.* Ma se l'illuminazione sarà nulla, o così piccola che appena ve ne accorgiate, che direte allora?

*Simp.* Quando avrò visto l'effetto, penserò alla risposta.

*Salv.* Ecco lo specchio, il quale voglio che sia posto accanto all'altro. Ma prima andiamo là vicino al riflesso di quel piano, e rimirate attentamente la sua chiarezza: vedete come è chiaro qui dove e' batte, e come distintamente si veggono tutte queste minuzie del muro.

*Simp.* Ho visto e osservato benissimo: fate metter l'altro specchio a canto al primo.

*Salv.* Eccolo là. Vi fu messo subito che cominciate a guardare le minuzie, e non ve ne sete accorto, sì grande è stato l'accrescimento del lume nel resto della parete. Or tolgasi via lo specchio piano. Eccovi levata via ogni riflessione, ancorché vi sia rimasto il grande specchio convesso. Rimuovasi questo ancora, e poi vi si riponga quanto vi piace: voi non vedrete mutazione alcuna di luce in tutto il muro. Eccovi dunque mostrato al senso come la riflessione del Sole fatta in specchio sferico convesso non illumina sensibilmente i luoghi circonvicini.

La discussione prosegue concludendo che le osservazioni si possono giustificare solo se la superficie lunare è ricca di rilievi e avvallamenti, proprio come si vede col cannocchiale.

### 3 La velocità della luce

Tutti ritenevano all'epoca, incluso Kepler, che la propagazione della luce, avvenendo nel vuoto, fosse istantanea. Galilei per primo prova, pur senza riuscirci, a misurarla. Dai "Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti la meccanica ed i movimenti locali".

*Sagr.* Ma quale e quanta doviamo noi stimare che sia questa velocità del lume? forse istantanea, momentanea, opur, come gli altri movimenti, temporanea? né potremo con esperienza assicurarci qual ella sia?

*Simp.* Mostra l'esperienza quotidiana, l'espansion del lume esser istantanea; mentre che vedendo in gran lontananza sparar un'artiglieria, lo splendor della fiamma senza interposizion di tempo si conduce a gli occhi nostri, ma non già il suono all'orecchie, se non dopo notabile intervallo di tempo.

*Sagr.* Eh, Sig. Simplicio, da cotesta notissima esperienza non si raccoglie

altro se non che il suono si conduce al nostro udito in tempo men breve di quello che si conduca il lume; ma non mi assicura, se la venuta del lume sia per ciò istantanea, più che temporanea ma velocissima. [...]

*Salv.* La poca conclusione di queste e di altre simili osservazioni mi fece una volta pensare a qualche modo di poterci senza errore accertar, se l'illuminazione, cioè se l'espansion del lume, fusse veramente istantanea; poiché il moto assai veloce del suono ci assicura, quella della luce non poter esser se non velocissima: e l'esperienza che mi sovvenne, fu tale. Voglio che due pigliano un lume per uno, il quale, tenendolo dentro lanterna o altro ricetto, possino andar coprendo e scoprendo, con l'interposizion della mano, alla vista del compagno, e che, ponendosi l'uno incontro all'altro in distanza di poche braccia, vadano addestrandosi nello scoprire ed occultare il lor lume alla vista del compagno, sì che quando l'uno vede il lume dell'altro, immediatamente scuopra il suo; la qual corrispondenza, dopo alcune risposte fattesi scambievolmente, verrà loro talmente aggiustata, che, senza sensibile svatio, alla scoperta dell'uno risponderà immediatamente la scoperta dell'altro, sì che quando l'uno scuopre il suo lume, vedrà nell'istesso tempo comparire alla sua vista il lume dell'altro. Aggiustata cotal pratica in questa piccolissima distanza, pongansi i due medesimi compagni con due simili lumi in lontananza di due o tre miglia, e tornando di notte a far l'istessa esperienza, vadano osservando attentamente se le risposte delle loro scoperte ed occultazioni seguono secondo l'istesso tenore che facevano da vicino; che seguendo, si potrà assai sicuramente concludere, l'espansion del lume essere istantanea: ché quando ella ricercasse tempo, in una lontananza di tre miglia, che importano sei per l'andata d'un lume e venuta dell'altro, la dimora dovrebbe esser assai osservabile. E quando si volesse far tal osservazione in distanze maggiori, cioè di otto o dieci miglia, potremmo servirci del telescopio, aggiustandone un per uno gli osservatori al luogo dove la notte si hanno a mettere in pratica i lumi; li quali, ancor che non molto grandi, e per ciò invisibili in tanta lontananza all'occhio libero, ma ben facili a coprirsi e scoprirsi, con l'aiuto de i telescopii già aggiustati e fermati potranno esser commodamente veduti.

*Sagr.* L'esperienza mi pare d'invenzione non men sicura che ingegnosa. Ma diteci quello che nel praticarla avete concluso.

*Salv.* Veramente non l'ho sperimentata, salvo che in lontananza piccola, cioè manco d'un miglio, dal che non ho potuto assicurarci se veramente la comparsa del lume opposto sia istantanea; ma ben, se non istantanea, velocissima.

### Riferimenti

[1] A. Bettini, *Il Nuovo Saggiatore*, 30 1-2 (2014) 62.

[2] V. Greco, G. Molesini, F. Quercioli; *Appl. Optics*, 32 (1993) 6219.

# IL NOSTRO MONDO

## IL NUOVO CIMENTO 150, 100, 50 ANNI FA

### 150 ANNI FA

Da "Proposta di un nuovo metodo di osservazione delle stelle cadenti" di G. Luvini, Nuovo Cimento, 20 (1864) 40.

Molto si scrisse, e molte sono le ipotesi che s'immaginarono intorno alle stelle cadenti, ma ben poche in confronto sono le osservazioni logicamente condotte, che possano servire di base a qualunque teoria [...]. Per ovviare a tutti questi inconvenienti, e molti altri, che per brevità tralascio di enumerare, io ho ideato un mezzo di osservazione che mi faccio ardito di raccomandare ai dotti, e che credo possa condurre a risultati di molto maggiore precisione di quelli sinora posseduti [...].

Suppongo due osservatori stabiliti in due stazioni alla distanza di 100 a 120 chilometri [...]. In ciascuna stazione l'asse (di osservazione) dev'essere ben determinato e reso sensibile con una serie di alcune anella portate da appositi sostegni [...].

### 100 ANNI FA

Da "Un integrafo" di A.P. Scatizzi. Nuovo Cimento, 21 (1914) 52.

Fu in occasione delle equazioni integrali del Volterra che nacque il bisogno di costruire apparecchi i quali eseguissero l'integrale del prodotto di due funzioni e, dato il fenomeno dell'eredità, riuscissero ad ottenere, almeno per punti la curva integrale [...].

Il Prof. Pascal in una sua recente ed originale pubblicazione (Pascal, I miei integrafici (Tipografia Pellerano) Napoli, 1914) descrive un apparecchio che soddisfa al quesito. Mi è sembrato ancora di qualche interesse proporre un meccanismo che risolva il problema nella sua generalità, senza sagome ricurve, solo a mezzo di carrelli e righe rettilinee.

### 50 ANNI FA

Da "Direct measurement of  $\mu$ -mesonic molecule formation rates in liquid hydrogen" di G. Conforto, C. Rubbia, E. Zavattini e S. Focardi, Nuovo Cimento 33 (1964) 1001.

La fusione nucleare indotta da  $\mu$  fu scoperta da L. Alvarez e collaboratori in un esperimento in camera a bolle ad idrogeno liquido. Furono osservati eventi sorprendenti, come quello a fianco. La traccia orizzontale è dovuta ad un  $\mu^-$  che rallenta sino a fermarsi, ma un'altra traccia di  $\mu$  origina vicino a dove il primo si è fermato. Il secondo  $\mu$  si ferma dopo un range di 1.7 cm, corrispondente ad un'energia di 5.4 MeV. Furono osservati 25 eventi; in tutti i casi l'energia del  $\mu$  ringiovanito era la stessa. Il primo passo nella soluzione del mistero fu di Crawford e Ticho. Il  $\mu^-$  potrebbe legarsi a un protone e formare con un deuterio uno ione molecolare  $pd\mu^-$ . Dato che la massa del  $\mu$  è circa 200 volte quella dell'elettrone  $p$  e  $d$  sarebbero molto più vicini che in una comune molecola, tanto da poter fondere. La fusione  $pd$  in trizio rilascia infatti proprio 5.4 MeV. Ma Crawford e Tycho non trovarono un meccanismo per spiegare la frequenza del fenomeno, dato che nell'idrogeno i deutoni sono solo 1 su 5000. Tutto il gruppo andò a casa di E. Teller, che trovò la soluzione: si forma dapprima uno ione molecolare  $pp\mu^-$ , che si muove nel liquido, sino a incontrare un deutone. Il  $\mu$  si trasferisce al  $d$ , perché il processo è energeticamente favorito e si forma lo ione  $pd\mu^-$ , e la fusione segue. (c.f.r. L. Alvarez. Science. 165, No. 3898 (1969), pp. 1071-1091).

Riassunto. Si descrive una misura della velocità di formazione delle molecole  $\mu^-pd$  in idrogeno liquido. Si deduce anche la probabilità di cattura dei mesoni  $\mu^-$  in neon. [...] Figure 2 shows the general layout of the experiment. The 80 MeV  $\mu^-$ s from the CERN  $\mu^-$  channel are focussed into the hydrogen target and there stopped after letting them pass through a suitable carbon absorber [...]. Counters Nos. 1,2,4,6 are 1 cm thick and counter No. 3 is 1 mm thick. The cylindrical counter No. 5 is 0.8 cm thick and was mounted inside the vacuum tank to be as near as possible to the hydrogen target [...] Counter No. 7 is a NaI crystal 12 cm in diameter and 12 cm long [...].

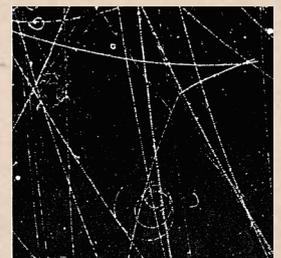
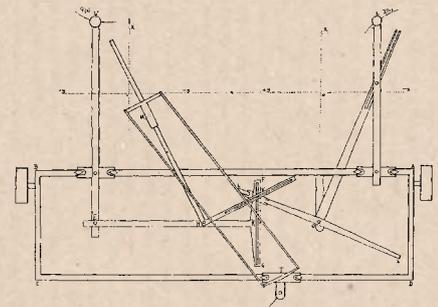
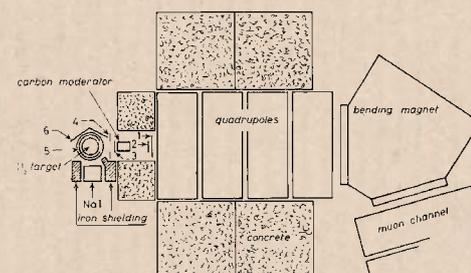


Foto riprodotta con permesso da Science 165 (1969) 1071, © AAAS, 1969.



a cura di  
Alessandro Bettini

## THE ITALIAN PHYSICAL SOCIETY “ENRICO FERMI” PRIZE AND MEDAL 2014



The “Enrico Fermi” Prize of the Italian Physical Society has been awarded starting from 2001, to commemorate the great scientist on the occasion of the centenary of his birth. The Prize and Medal are yearly awarded to Members of the Society who particularly honoured physics with their discoveries. A Selection Commission made of experts appointed by SIF (Società Italiana di Fisica), CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica), INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), INGV (Istituto Nazionale di Geofisica), INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica) and Centro Fermi (Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi”) selects the winner(s) from a list of candidates proposed by the community. The proposal is submitted to the Council of the SIF for final approval.

The 2014 “Enrico Fermi” Prize and Medal have been awarded to Federico Faggin with the following citation: “For the invention of the MOS Silicon Gate Technology that led him to the realization of the first modern microprocessor”.

Federico Faggin was born in Vicenza (Italy) in 1941. After graduation at the Istituto Tecnico Industriale A. Rossi, at the age of 19 he joined Olivetti where he designed small computers. He then left Olivetti and entered the University of Padua where in 1966 he got the Laurea in Physics *summa cum laude*. Afterwards he worked for a short time in SGS–Società Generale Semiconduttori (now STm) where he developed his first integrated circuits. In 1968 he joined Fairchild Semiconductor in Palo Alto, USA, where he produced the world’s first integrated circuit (Fairchild 3708) using the MOS silicon gate technology. After the pioneering works by Tom Klein at Bell Labs, in 1968, Faggin created the “Silicon Gate Technology”, while working in the R&D Laboratories of Fairchild Semiconductor in Palo Alto, CA. The Silicon Gate Technology was the world’s first commercial MOS self-aligned-gate process. Before this technology, the control gate of the MOS transistor was

made with aluminum instead of polycrystalline silicon. Aluminum gate MOS transistors were three to four times slower, consumed twice as much silicon area, had higher leakage current and lower reliability compared with silicon gate transistors. The Fairchild 3708 was an 8-bit analog multiplexer with decoding logic. The first 3708 was fabricated in July 1968 and became commercially available in October 1968. In 1968 almost all integrated circuits used the bipolar technology much faster than MOS, even if much more consuming in terms of power and silicon area. However the advent of the Silicon Gate Technology in less than 10 years replaced bipolar technology and opened the door for complex circuits and modern electronics. The achievement of the performance of today’s electronics is essentially due to the introduction of the MOS Silicon Gate Technology that is: i) fast, ii) low power and low silicon area consuming, iii) reliable, iv) fundamental for all the new silicon devices: one among all CCD. Two other Faggin’s inventions are strictly connected with MOS Silicon Gate technology: the “Buried Contact” and the “Bootstrap Load”. With the first it was possible to use the same polycrystalline silicon

used for gates, as an additional layer for connection allowing for high circuit density. The second allowed for building logic gates with output level equal to full supply achieving unprecedented density and speed. All the quoted inventions eventually allowed, in 1971, the realization of the first microprocessor in the world: Intel 4004. By 1969, the idea of integrating a CPU in one or several MOS chips had already been advanced. In fact, a couple of implementations of a CPU partitioned in several MOS chips existed before the 4004. Although architecting a small computer was well known at that time, being able to design a single chip with the required complexity and with the necessary speed, power dissipation and small physical size had never been done before. The Intel 4004 architecture is essentially due to Marcian E. Hoff but as written in the display in the Intel Museum “Federico Faggin joined Intel to turn Hoff’s vision into a silicon reality”. It was Faggin’s unique talent in bringing innovation in several diverse fields, generally not mastered by a single individual, that made possible the realization in 1971 of the world’s first microprocessor. The 4004 is the result of combining MOS silicon

gate technology with buried contacts giving about 4 times the speed and half the chip area of MOS metal gate technology, new MOS design methodology (also developed by Faggin), logic and circuit design optimized for silicon gate technology (including bootstrap loads, providing the required speed-power product for high capacitive circuits). In less than one year Faggin and his team, merging all these breakthroughs, delivered the 4004 fundamental basis for modern electronics, unique support for today’s IT. The social impact of the microprocessor has been huge: personal computers, cellular phones, Internet, and thousands other applications have irreversibly changed our society. Contemporary information technology products, telecommunication products, cars, planes, trucks, ships, consumer electronic products, toys, industrial products, office products, personal hygiene products, and so on, each contain one or more microprocessors. Many such products were made possible, and many more were much improved by the use of microprocessors. Although it is difficult to determine how many microprocessors are sold each year, since a large fraction of them

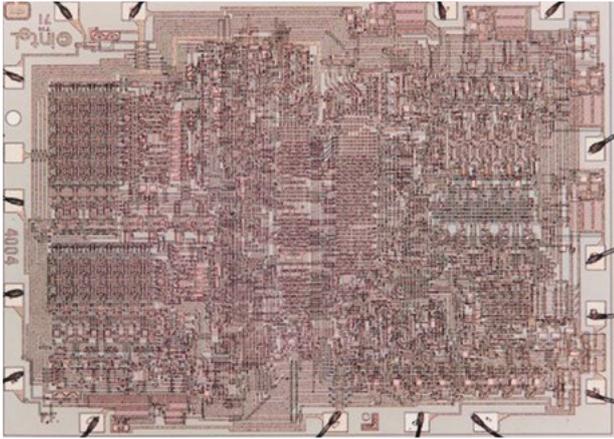


Fig. 1 Image of the silicon chip of the Intel 4004. On top left the company logo and date are visible (upside down), while in the bottom left corner one can see the Federico Faggin (F.F.) signature.



Fig. 2 Federico Faggin at the Opening Ceremony of the SIF 100th Congress in Pisa, where he has been awarded the "Enrico Fermi" Prize.

are incorporated in thousands of different application-specific and custom circuits, a conservative estimate is over 25 billion. Even flash memory chips contain each a microprocessor to manage the information retention of the memory.

In 1974 Faggin was one of the cofounders of Zilog that was the world's first company entirely dedicated to microprocessors. Faggin conceived, architected and supervised the development of the Z80 microprocessor and its family of intelligent peripheral devices. Introduced in 1976, the Z80 became the most successful 8-bit microprocessor ever produced; it was still in high-volume production in 2010 (more than two billion units have been produced so far), powering many of the early personal computers, and used in thousands of different applications. In 1974 Faggin also conceived the Z8 microcontroller. Faggin led the company that for many years was the world pacesetter of microprocessor technology.

In 1982 Faggin conceived the Communication CoSystem, an intelligent voice and data peripheral for the personal computer. The CoSystem, introduced in 1984, was a major advance in the emerging field of

personal communications. The company, Cygnet Technologies, was acquired in 1986 by Everex, Inc.

From 1986 Faggin was cofounder, President and CEO, until 1999 of Synaptics. Synaptics is a public company dedicated to the design, manufacturing and selling of innovative human interface technologies and products using neural networks and mixed signal technologies. With over 100 patents in pattern recognition, sensory systems and adaptive analog circuits, Synaptics created in 1991 the world's first Optical Pattern Recognizer integrated circuit, combining an area imager and two analog neural networks on the same chip. Synaptics products include the TouchPad, now used as a pointing device in almost all notebook computers; the TouchStyk, a pointing stick for notebook computers; the TouchScreen, a capacitive sensor for LCD screens now used in intelligent mobile phones; and pen-based handwriting recognition software for English and Chinese. The TouchPad, first introduced in 1994, has been highly successful with over billions units sold.

In 1997, together with Carver Mead, Faggin founded Foveon, a spin-off of National

Semiconductor and Synaptics, to develop advanced CMOS image sensors. Faggin was a member of the Board of Directors since inception and became President and CEO in August 2003. Foveon has developed an innovative CMOS technology for the capture of digital images capable of sensing all three primary colors at each pixel location in the image. During Faggin's tenure, Foveon developed two new generations of image sensors with much improved price-performance. Foveon was acquired by the Japanese Sigma Corporation in November 2008.

In 2009 Faggin got the National Medal of Technology and Innovation from U.S. President Barack Obama.

In 2011 Faggin, with his wife, started the "Federico and Elvia Faggin Foundation Inc." with the mission of investigating consciousness. According to a definition in an interview released by Faggin to Mike Malone<sup>1</sup>: "Consciousness is a hierarchical organization of experience, where at the highest level you have a mystical experience of connection with the universe." Going

deeply, always from the same interview, it is possible to have a better understanding of the Foundation scope of investigation on consciousness: "How does it work? How is it possible that you actually have sensations? What is the physical mechanism that translates electrical activity in the brain or electrical activity in a chip into a sensation? Because we have sensations! We see red... We can't even explain it any better, but we experience red. It's a picture in our mind. But what is the display inside the brain? What physical process does it use? Nobody knows".

Recently consciousness has been even the subject of controversial experiments (Phys. Essays 25, 157 (2012)) that try to investigate its role in shaping the nature of physical reality.

S. Centro  
Università di Padova,  
Centro Fermi, Roma

<sup>1</sup> Michael S. Malone, writer and columnist (ABC News).

## SIF-IOP “GIUSEPPE OCCHIALINI” PRIZE AND MEDAL 2014

The “Giuseppe Occhialini” Prize has been promoted jointly by the Italian Physical Society (SIF) and the British Institute of Physics (IOP) in 2007 on the occasion of the Centenary of the birth of Giuseppe (Beppo) Occhialini, with the aim to commemorate the eminent scientist, who worked in England and Italy, as well as to strengthen the relationship between the two societies. The award is made alternately by the Councils of one of the two societies to a physicist selected from a list of nominees submitted by the other. The award is made for distinguished work carried out within the 10 years preceding the award. The award is to be made to physicists in alternating years who work in Italy (even dated years) or the UK or Ireland (odd dated years).



The 2014 Occhialini Prize has been awarded and presented, on the occasion of the Opening Ceremony of the 100th SIF National Congress, in Pisa, to Alessandro Tredicucci with the following citation: “For his innovative contributions to the realisation of Terahertz heterostructure devices”. The award has been delivered by Phil Diamond, Associate Director for Education and Planning of the Institute of Physics.

The Terahertz radiation range is one of the most important challenges of traditional electronics: progress in this energy domain will only arise through new physical concepts. The importance of this radiation is testified by many applications such as speed in wireless transmission, imaging for security purposes, medical and process controls. Alessandro Tredicucci has been a leading actor in the area of Terahertz sources, demonstrating advances in new devices and concepts.

The scientific activity of Alessandro

Tredicucci has addressed important basic and applied topics of condensed matter physics. His results and subsequent developments have earned him a steady and strong interest from the scientific community and from the Italian and foreign press.

The first studies concerned the interaction of radiation with matter in semiconductor microcavities. In this context, he investigated how to change the spontaneous emission of planar structures and how to achieve the so-called strong coupling regime in which new ways of coupling of radiation with the excited material appear. In addition to the development of a comprehensive theoretical model for the study of the fundamental optical properties of semiconductor microcavities, Tredicucci obtained some important results; among them are the first observation of Rabi splitting of excitons in “bulk” GaAs and the control of the spontaneous emission in GaAs and porous silicon cavities.

Later on, he studied intersubband optical transitions in semiconductor heterostructures, with particular reference to the development of new opto-electronic devices. He designed and realized innovative quantum cascade lasers (QCL) based on different principles of operation or characterized by new functionalities. In particular, he was very active in the development of a “chirped” superlattice QC laser.

Currently his main activities concern the development of photonic devices operating in the 1–10 THz spectral region. In this context,

the research team he coordinates has become leader and demonstrated in 2002 the first quantum cascade laser capable of operating at THz frequencies (Nature 417, 156 (2002)). This discovery, was made possible by the creation of a new waveguide concept which earned an international patent. This article was recently included by the Nature Publishing Group in the list of the most influential papers in photonics ever published by Nature. Its importance is due to the fact that it demonstrated, for the first time, a device that could emit from a solid-state fundamental oscillator in the Terahertz range. Recent developments of his research include also the realization of the first single mode THz DFB laser, microdisk lasers for vertical emission (Nature Photonics 3, 46 (2009)), and the first injection lasers operating in non-periodic photonic crystals (Nature Photonics 4, 165 (2010)). More recently Tredicucci focused on THz detectors in field-effect transistors based on nanowires (Nano Letters 12, 96 (2012)) and graphene (Nature Materials 11, 865 (2012)).

Among the numerous new contributions by Alessandro Tredicucci it is important to mention the first observation and control of intersubband polaritons, at the femtosecond time scale, in the ultra-strong coupling regime. Also this result is relevant by its potential for new coherent sources of light.

G. Grosso  
Università di Pisa

## IL PREMIO NOBEL PER LA FISICA 2014



I. Akasaki

H. Amano

S. Nakamura

Il Premio Nobel 2014 per la Fisica è stato assegnato "per l'invenzione di efficienti diodi emettitori di luce blu, che hanno consentito la realizzazione di sorgenti di luce bianca luminose e a basso consumo".

Il premio è stato attribuito congiuntamente ad **Isamu Akasaki**, Professore all'Università Meijo di Nagoya e all'Università di Nagoya, a **Hiroshi Amano**, Professore all'Università di Nagoya (Giappone) e a **Shuji Nakamura**, Professore all'Università della California a Santa Barbara (USA).

La possibilità di ottenere luce applicando una tensione diretta ad una giunzione  $p-n$  formata da un semiconduttore degenerare con drogaggio di tipo  $n$ , quindi con elettroni come portatori in eccesso, e un semiconduttore degenerare con drogaggio di tipo  $p$ , quindi con buche come portatori in eccesso, era uno dei temi più caldi della ricerca nella fisica dello stato solido già agli inizi degli anni '50 del secolo scorso. In tali giunzioni (diodi), l'applicazione della tensione diretta permette la diffusione dei due tipi di portatori nella regione della giunzione (regione attiva) ove gli elettroni si ricombinano con le buche ed emettono spontaneamente fotoni, da qui il nome diodi emettitori di luce o LED (Light Emitting Diodes). Il processo di emissione di luce poi continua perchè il circuito esterno continua ad iniettare (pompare) portatori nella regione attiva. È risultato subito evidente che per avere alto guadagno dalla ricombinazione di elettroni e buche era

necessario utilizzare semiconduttori a gap diretto. Nei semiconduttori a gap indiretto, infatti, la ricombinazione avviene con l'intervento dei fononi del cristallo: in questo caso il processo è del secondo ordine rispetto ad una ricombinazione diretta, e quindi meno probabile e molto più debole.

Questo modo di convertire l'elettricità in luce è estremamente più efficiente di altri modi come quelli realizzati con le lampade ad incandescenza o a fluorescenza, dove la creazione di luce è accompagnata da creazione di calore. Il colore della luce emessa da un LED è legata all'energia ottenuta dalla ricombinazione di elettroni e buche ed è quindi specifica del tipo di semiconduttore impiegato, in particolare del suo gap di energia proibito, e del tipo di drogaggio.

I diodi emettitori di luce dal rosso al verde (in genere a base di GaAs e di GaP opportunamente drogato a varie concentrazioni per ottenere luce dal rosso al verde, ma anche a base di leghe di As, Ga e P) erano stati realizzati già tra la fine degli anni '50 e gli anni '60 del secolo scorso ma per ottenere luce bianca era necessario ottenere il terzo colore primario, il blu. La realizzazione di LED emettitori di luce blu si è rivelata particolarmente difficile ed ha richiesto ulteriori 30 anni di ricerca con il successo finale dei tre vincitori del Nobel. Il materiale che ha consentito la realizzazione di LED a luce blu è stato il nitruro di gallio (GaN), un semiconduttore con struttura cristallina

della Wurtzite che ha un gap di energia diretto di 3.4 eV, cioè nella regione dell'ultravioletto. Ma la crescita di cristalli singoli di GaN di alta qualità, con ridotta rugosità della superficie del cristallo, e giunzioni con la voluta concentrazione di drogaggio  $n$  e  $p$  sembrava presentare difficoltà insormontabili, soprattutto nella fase di creazione di strati drogati  $p$  nel GaN.

Akasaki cominciò a lavorare sul GaN nel 1974 all'Istituto di Ricerca Matsushita a Tokio e dal 1981 si unì alla sua ricerca Hiroshi Amano, presso l'Università di Nagoya. Nel 1986 i due ricercatori riuscirono ad ottenere cristalli di GaN di alte qualità strutturali e ottiche con la tecnica MOVPE (Metalorganic Vapor Phase Epitaxy). Utilizzando un substrato di zaffiro su cui veniva cresciuto uno strato di AlN e su di esso il GaN, gli autori riuscirono a ridurre l'alta densità di dislocazioni presenti nella fase di crescita. Successivamente fu risolto il problema del difficile drogaggio  $p$  nel GaN e finalmente nel 1992 presentarono il primo diodo emettitore di luce blu.

Indipendentemente, Shuji Nakamura, nei laboratori della Nichia Chemical Corporation, in Giappone, con una tecnica alternativa riuscì ad ottenere GaN di alta qualità depositando prima uno strato sottile di GaN e depositando gli strati successivi ad alte temperature.

Negli anni '90, dopo aver sviluppato tecniche di drogaggio  $p$  in leghe di AlGaIn e InGaIn, entrambi i gruppi realizzarono con esse LED a buche quantistiche, strutturalmente più

complicate di un semplice diodo ma più efficienti, con confinamento di elettroni e buche in regioni spazialmente ridotte.

L'invenzione dei diodi emettitori di luce blu ha quindi consentito di ottenere lampade a luce bianca dalla combinazione della luce emessa da tre LED, uno emettitore nel blu, uno nel rosso e uno nel verde, oppure dalla eccitazione tramite luce blu di fosfori che poi emettono luce rossa e luce verde che combinandosi con la blu producono luce bianca.

Questo ha aperto una nuova epoca nella storia delle sorgenti di luce di alta efficienza,

caratterizzate da lunghi tempi di vita e rispettose dell'ambiente.

Nei circa venti anni dalla scoperta dei diodi emettitori di luce blu moltissime sono state le loro applicazioni non solo nel campo dell'illuminazione ma anche nei dispositivi elettronici che abitualmente utilizziamo, dai monitor di computer e televisori agli smartphone all'impiego di luce blu per sterilizzazione dell'acqua.

Con l'assegnazione del premio Nobel per la Fisica del 2014 è stata premiata un'invenzione di carattere fortemente applicativo, di grande impatto per lo sviluppo e il benessere

dell'umanità. Questo premio, assieme all'assegnazione del premio Nobel 2014 per la Chimica "per lo sviluppo della microscopia di fluorescenza ad altissima risoluzione", testimonia quanto i confini della Fisica della Materia, della Chimica e della Biologia Molecolare moderne siano sempre più intrecciati nella ricerca di base e nello sviluppo dell'innovazione tecnologica, e quanto per esse un ruolo dominante sia giocato dalla luce.

G. Grosso  
Università di Pisa

Bibliografia essenziale preparata dalla Royal Swedish Academy of Sciences

Articolo divulgativo: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2014/popular-physicsprize2014.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/popular-physicsprize2014.pdf)

Articolo con approfondimenti e riferimenti: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2014/advanced-physicsprize2014.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/advanced-physicsprize2014.pdf)

## UN DIZIONARIO BIOGRAFICO DEI FISICI ITALIANI

A differenza di molte altre discipline, la Fisica Italiana non possiede ancora un repertorio completo e coerente dei suoi protagonisti, che potrebbe avere la forma di un Dizionario Biografico, accessibile sia in formato cartaceo sia online. Nelle intenzioni di chi scrive, dovrebbero essere ricompresi nel Dizionario, almeno nella sua versione-base, tutti i titolari di Cattedra di Fisica delle università italiane a partire dall'Unità d'Italia e fino al 1980, con la possibilità di estendere la copertura, in una seconda fase del progetto, ai due

secoli precedenti (a partire da Galileo), agli aiuti, agli assistenti e agli incaricati che abbiano avuto un ruolo non marginale nello sviluppo della disciplina. I professori entrati in servizio dopo il 1980, e per la massima parte ancora viventi, potrebbero essere puramente repertoriati. Un obiettivo non secondario del progetto consiste nella ricostruzione e nella presentazione schematica delle genealogie scientifiche, sul modello del *Mathematics Genealogy Project* e del volume *La matematica in Italia 1800-1950*.

La buona riuscita di un progetto di questo genere difficilmente potrà basarsi sull'impegno individuale di un singolo ricercatore, mentre trarrebbe sostanziale beneficio da una forma di *crowdsourcing*, quale sarebbe il contributo di colleghi che, avendo accesso a documentazione spesso reperibile soltanto nelle singole sedi universitarie, potrebbero fornire informazioni, dati e anche articoli completi relativi a quei personaggi sui quali non sempre è facile documentarsi via rete o anche attraverso la ricerca bibliografica o all'Archivio Centrale dello Stato.

Chiunque sia interessato a partecipare in qualunque forma, anche con un impegno minimo, a questo progetto è invitato a visitare le pagine web [http://www.df.unipi.it/~rossi/Storia\\_fisica.html](http://www.df.unipi.it/~rossi/Storia_fisica.html). In cui è visibile una parte significativa del materiale già raccolto, e a contattare il proponente, possibilmente via e-mail all'indirizzo [rossi@df.unipi.it](mailto:rossi@df.unipi.it)

P. Rossi  
Università di Pisa

## UNA SFIDA, UN SUCCESSO

La SIF si è avventurata quest'anno nella produzione teatrale! Nel quadro del 100° Congresso Nazionale di Pisa e delle celebrazioni del 450° anniversario della nascita di Galileo Galilei, si è infatti svolto la sera del 23 settembre 2014, al Teatro Verdi della città, l'annunciato spettacolo: "Io dico l'Universo – Letture galileiane".

Si è trattato di una vera e propria sfida. Infatti lo spettacolo mirava a radunare un grande pubblico di quasi 1000 spettatori e a catturarne l'attenzione per quasi un'ora e mezza. Come? Con letture da parte di un attore professionista dei testi originali di Galilei, su temi puramente e unicamente scientifici di Fisica e Astronomia, intervallate da spiegazioni e commenti delle medesime da parte di uno scienziato. L'idea vincente è stata quella di convincere un celebre attore quale Giulio Scarpati a cimentarsi nella lettura di testi scientifici. E un noto fisico e allo stesso tempo raffinato studioso di Galilei quale Alessandro Bettini a cimentarsi, non in un'aula ma su un palcoscenico, con l'illustrazione – anch'essa "recitata", e qui è stato il bello – dei brani scelti.

Osando fare qui una recensione dello spettacolo cui ho avuto il piacere di assistere, comincio appunto dalla scelta dei brani (e relative immagini proiettate come sfondo scenografico) che si deve a Bettini e che è stata decisamente appropriata. Non solo l'Astronomia, con il Sole, la Luna e le stelle che sempre affascinano, ma anche il metodo sperimentale, il pendolo, l'equivalenza tra massa gravitazionale e massa inerziale, il piano inclinato e la legge del moto accelerato, la legge d'inerzia, il principio di relatività e persino l'assai meno nota non invarianza di scala trattata da Galilei nei suoi "Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze".

Sempre a Bettini si deve l'idea del coinvolgimento di due maestri padovani di strumenti antichi quali dulciana (una specie di fagotto), liuto e arciliuto, che hanno eseguito opere del padre Vincentio e fratello Michelangelo di Galileo Galilei come intermezzi o sottofondo alle letture stesse, con un'amabile scansione che dava talvolta alle frasi in prosa la parvenza di versi e rime.

A dirigere la produzione, il vulcanico collega Carlo Dionisi, che è riuscito a far coesistere la rigorosa anima della Scienza con quella estrosa del Teatro, convincendo attori, musicisti, registi e... fisici a collaborare in un'impresa "senza precedenti". Il risultato: una sala stracolma e un pubblico con il fiato sospeso, fino alla fine.

Alla bravura di Giulio Scarpati, che ringrazio di cuore per aver voluto generosamente prestarsi a questa efficacissima opera di diffusione della cultura scientifica malgrado i suoi altri numerosi e prestigiosi impegni professionali, si è aggiunta anche quella di Alessandro (Sandro) Bettini che ha saputo declamare sul palcoscenico, nel suo ruolo di professore-narratore-illustratore, con una voce profonda e talvolta commossa che ha conquistato il pubblico, i difficili concetti galileiani.

È in preparazione un DVD realizzato a partire dalle riprese effettuate al Teatro Verdi. Il filmato sarà anche presto reso disponibile online, a partire dal sito della SIF. Chissà che lo spettacolo non possa essere nuovamente allestito in futuro in una nuova sede: la SIF non si pone limiti ormai in questo campo!

Luisa Cifarelli  
Presidente SIF



Alcuni momenti dello spettacolo "Io dico l'Universo – Letture galileiane".



## FABIOLA GIANOTTI AI VERTICI DEL CERN

Il 4 novembre 2014, il fisico Fabiola Gianotti è stata scelta dal Council del CERN come prossimo Direttore Generale di questa istituzione, al posto di Rolf-Dieter Heuer che detiene questa carica dal 2009.

Fabiola Gianotti ha condotto l'esperimento ATLAS al Large Hadron Collider del CERN dal 2009 al 2013, periodo durante il quale gli esperimenti ATLAS e CMS di LHC hanno annunciato la scoperta, a lungo attesa, del bosone di Higgs, scoperta premiata nel 2013 con il Premio Nobel a Englert e Higgs.

È membro di numerosi comitati internazionali e ha ricevuto innumerevoli riconoscimenti di prestigio, tra cui il Premio Fermi 2013 della Società Italiana di Fisica.

Fabiola Gianotti entrerà in carica il primo gennaio 2016, per 5 anni, e sarà la prima donna alla guida di quello che è ormai il più importante laboratorio al mondo per la Fisica delle particelle. Si tratta di un grande e significativo riconoscimento per tutta la Fisica italiana

Congratulazioni vivissime!

L. Cifarelli



## IL MENTORING: UN'OPPORTUNITÀ PER LE DONNE NELLA RICERCA

Per ulteriori informazioni: <http://genovate.unina.it/>

L'anno accademico 2014-2015 nell'Università degli Studi di Napoli Federico II è iniziato con una novità: un programma pilota di mentoring finalizzato allo sviluppo della leadership femminile nella ricerca.

Il programma di mentoring GENOVATE@UNINA è una delle proposte del Gender Equality Action Plan (GEAP) di GENOVATE, un progetto finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del Settimo Programma Quadro, il cui obiettivo è attuare dei cambiamenti istituzionali in ciascuna delle università partner del progetto attraverso l'implementazione di azioni concrete per sostenere le carriere scientifiche femminili.

Inaugurato il 27 ottobre scorso presso la Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell'Ateneo Federiciano, il programma inizia le sue attività nel mese di dicembre con un workshop di due giorni dal titolo "Il mentoring: un'opportunità di crescita e condivisione per le donne nella ricerca" tenuto da Caitriona Ni

Laoire dell'University College Cork, partner irlandese di GENOVATE e Principal Investigator del progetto "Through the glass ceiling. Career progression programme and strategy for female academics and researchers". Scopo del workshop è chiarire gli obiettivi del progetto, dare informazioni sui ruoli di mentore e ricercatrice giovane, discutere aspettative, motivazioni e dubbi delle partecipanti.

### Che cos'è il mentoring?

I programmi per lo sviluppo della leadership, come il mentoring, sono molto diffusi negli istituti di alta formazione e nelle realtà aziendali del Nord Europa o negli Stati Uniti, e la costruzione di relazioni tra senior e junior fornisce ai più giovani un supporto per affrontare le sfide della carriera, in particolare quelle legate al percorso femminile.

Il programma di mentoring GENOVATE@UNINA vuole fornire uno

strumento per identificare gli obiettivi delle carriere delle ricercatrici attraverso una riflessione critica sui percorsi accademici.

Il mentoring non è però un'attività a vantaggio esclusivo delle più giovani. A trarne beneficio sono anche le ricercatrici senior e l'istituzione promotrice: le mentori, infatti, oltre a ricevere soddisfazione personale nel fornire supporto a colleghe più giovani, rafforzano grazie al mentoring i loro network di lavoro, mentre l'istituzione si avvantaggia della costruzione di una rete interdisciplinare nella cultura della collegialità e della valorizzazione delle proprie risorse, stimolando riflessioni e consapevolezza sulla dimensione di genere nella ricerca.

### Perché un progetto di mentoring

Gli studi statistici sulla composizione di genere del personale accademico condotti dal team di GENOVATE@UNINA mostrano che, a



**GENOVATE**  
Transforming Organisational Culture for  
Gender Equality in Research and Innovation

dispetto dell'alta percentuale di donne che intraprendono una formazione universitaria nel nostro Ateneo, poche donne proseguono la carriera scientifica, pochissime occupano posizioni apicali nell'accademia.

I dati riportati in figura mostrano che, sebbene negli ultimi anni sia stata raggiunta la parità nella fase di formazione accademica (nel 2011 circa il 50% delle lauree e il 60% di PhD sono conseguiti da donne – che ottengono anche votazioni migliori), il trend cambia drasticamente negli stadi successivi della carriera, dove si registra un calo progressivo di presenza femminile: circa il 45% per il personale ricercatore, meno del 40% per i professori associati, meno del 20% per i professori ordinari.

Il programma di mentoring dell'Ateneo Federiciano si rivolge, dunque, principalmente alle donne che attraversano la fase più critica del percorso accademico, quella che segue il PhD, dove, secondo quanto rivelano i dati, si annidano ancora molte delle barriere invisibili che impediscono loro la progressione nella carriera di ricerca.

### Come si sviluppa il mentoring

Il programma di mentoring proposto dall'Ateneo Federico II propone sei incontri per ogni coppia di mentore e ricercatrice, distribuiti lungo l'anno accademico 2014-2015. Nel caso in cui mentori e ricercatrici non risiedano nella stessa città gli incontri avvengono utilizzando strumenti di e-learning.

Il programma prevede inoltre delle attività seminariali rivolte alle mentori e alle ricercatrici. Grazie alla collaborazione con

il Centro di Ateneo per i Servizi Informativi (CSI), le mentori e le ricercatrici iscritte al programma possono seguire i seminari anche nella modalità webinar.

Obiettivo dell'attività formativa è contribuire alla crescita di una consapevolezza di genere nella ricerca nell'Ateneo e, allo stesso tempo, rispondere agli obiettivi delle partecipanti al programma. Per questo motivo un calendario dettagliato degli incontri è fornito solo dopo aver analizzato le motivazioni e le esigenze specifiche espresse dalle partecipanti al programma. Gli argomenti proposti dal team del mentoring di GENOVATE sono:

- Raccomandazioni della Commissione Europea su Genere, Scienza e Innovazione
- Sviluppo della leadership femminile nella ricerca
- Diversity management
- Criteri di valutazione nazionale ed europei della ricerca
- La partecipazione a progetti di ricerca
- La dimensione di genere nei programmi di Horizon 2020
- Legami tra ricerca universitaria e realtà aziendali
- Conciliazione famiglia-ricerca

Partecipano al progetto 52 donne, di cui 26 le professoreesse ordinarie e associate di varie università e centri di ricerca italiani e 26 ricercatrici dell'Università degli Studi di Napoli Federico II con le posizioni di RTDa, RTDb e titolari di assegni di ricerca.

Nell'affiancamento mentore-ricercatrice si tenta di conciliare le competenze dei mentori con le aspettative e le esigenze delle giovani ricercatrici. Ricercatrici senior e junior

affiancate non sono necessariamente dello stesso ambito disciplinare, ma anche di ambiti disciplinari contigui.

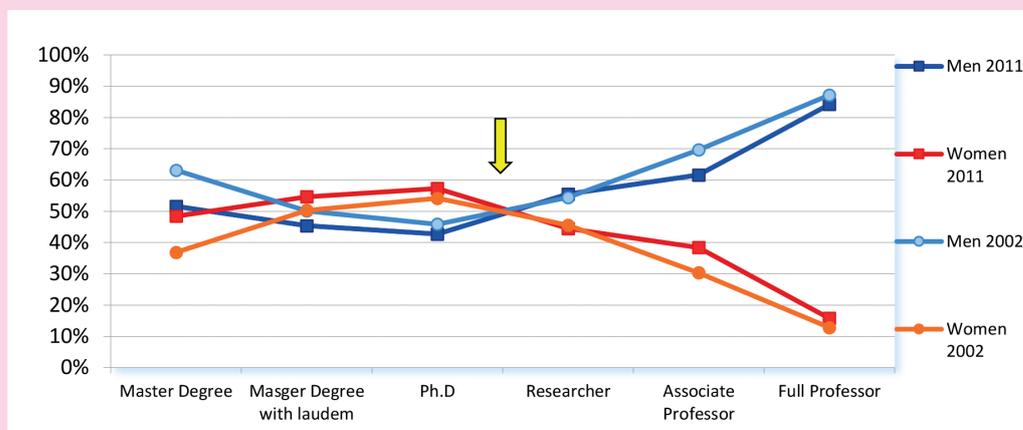
### Un progetto pilota

Il modello di mentoring proposto da GENOVATE@UNINA è stato disegnato dopo un'analisi delle best practice internazionali. La letteratura mostra, infatti, una varietà di modelli di mentoring che si differenziano per obiettivi, durata, tipologia di incontri, ecc. Lo studio di questi modelli e delle esigenze locali emerse dalle ricerche condotte dal team di GENOVATE@UNINA ha portato alla definizione dello schema pilota di mentoring per la Federico II.

L'applicazione di questo schema sarà oggetto di uno studio di valutazione, condotto durante tutto il progetto, e sviluppato in collaborazione con il Dottorato "Mind, Gender and Languages" della Federico II e dell'Universidad Complutense de Madrid, responsabili della valutazione del progetto GENOVATE. I risultati di questa valutazione saranno utilizzati per correggere il modello proposto e fornire all'Università degli Studi di Napoli Federico II uno schema di mentoring disegnato e corretto sulle esigenze dell'istituzione.

Il programma è stato progettato in collaborazione con il Comitato Unico di Garanzia (CUG) dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e con tutti gli stakeholder di GENOVATE, tra cui la Società Italiana di Fisica.

I. Picardi  
Università degli Studi di Napoli Federico II,  
Project Manager di GENOVATE@UNINA



Un confronto tra la progressione delle carriere accademiche maschili (curve blu e azzurra - rispettivamente dati 2011, 2002) e femminili (curve rossa e arancione - rispettivamente dati 2011, 2002) nella Scuola Politecnica delle Scienze di Base della Federico II, a partire dal conseguimento della laurea fino alla posizione più alta della carriera accademica (professore ordinario) (A. Liccardo *et al.*, GENOVATE Report. UNINA Institutional recruitment, progression and research support strategy document (2013)).

# INTERVISTA A

## ANTONINO ZICHICHI



Antonino Zichichi e Tsung-Dao Lee (Erice, 2000)

A 450 anni dalla nascita di Galileo Galilei, la Società Italiana di Fisica ha conferito la speciale Medaglia "Galileo Galilei" a Tsung-Dao Lee e Antonino Zichichi, per il loro intenso ed efficace impegno per la diffusione in Italia e nel mondo, inclusa la Cina, del pensiero e delle opere del sommo scienziato.

## GALILEO GALILEI E LA CINA

### Come mai Galileo Galilei e la Cina?

Quando sono andato in Cina agli inizi degli anni '80, il Presidente dell'Accademia Cinese, nel rivolgermi il saluto di benvenuto, incominciò dicendo: "Ha fatto bene a dichiarare, in occasione del centenario di Einstein a Berna, che il padre della relatività è Galileo Galilei. È così che noi lo insegniamo qui in Cina". E mi regalò un libro in cinese per i licei, nel quale il principio di relatività veniva riportato esattamente come formulato da Galilei. Furono i Gesuiti a portare in Cina le opere che fanno di Galilei il padre della scienza moderna: "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo" e "Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze". Opere pubblicate a Firenze la prima, in Olanda la seconda, ma fortemente boicottate in Europa. Galileo Galilei, padre della scienza moderna, è infatti paradossalmente più noto in Cina che nella sua Europa.

### È bene ricordare come nasce la relatività.

Grazie a una serie di scoperte in elettricità, magnetismo e ottica, realizzate nel corso di quasi due secoli, Maxwell, a metà del 1800, riuscì a ottenere una formidabile sintesi di queste innumerevoli scoperte e invenzioni con le sue quattro famose equazioni. Maxwell tuttavia non si era accorto che queste equazioni possiedono le proprietà di invarianza che saranno scoperte da Lorentz. È possibile operare sulle quattro equazioni le cosiddette trasformazioni di Lorentz che lasciano inalterato il mondo dell'elettromagnetismo. Le trasformazioni di Lorentz devono obbedire alle seguenti condizioni: l'informazione spaziale non può essere indipendente dall'informazione

temporale. Nasce così lo spazio-tempo.

Lo spazio-tempo non è come il sale (cloruro di sodio): la miscela di cloro e sodio è perfettamente separabile in cloro e sodio. Nel caso dello spazio-tempo, non posso avere qui lo spazio e lì il tempo, come invece immaginava uno dei più grandi pensatori dell'era moderna, Immanuel Kant. Spazio e tempo non sono separabili. Ma la cosa più incredibile è che questa nuova entità detta spazio-tempo non può essere fatta di componenti entrambi reali; se un pezzo è reale l'altro deve essere immaginario. Quindi lo spazio-tempo è un sistema matematicamente complesso. Questa grande scoperta scosse il mondo di quei tempi.

### Ma Galilei tutto ciò non lo sapeva.

Galilei non lo poteva sapere, in quanto l'elettromagnetismo gli era ignoto, anche se provò a misurare la velocità della luce. Tutti dicevano che la velocità della luce era infinita; Galilei pensava che dovesse essere finita. E cercò di misurarla. Se la velocità della luce fosse stata 30 volte quella del suono, sarebbe riuscito a dimostrare che è finita. Galilei – senza sapere nulla di elettromagnetismo – enunciò il suo principio di relatività in modo da includere qualsiasi fenomeno. Il principio di relatività galileiana dice che qualunque esperimento si possa immaginare di fare, non sarà mai possibile misurare un effetto che dipende dalla velocità costante che caratterizza il movimento. Quindi velocità diverse da zero ma costanti, o uguali a zero, sono totalmente equivalenti. Galilei libera il pensiero di tutti i tempi dalla necessità di avere la Terra ferma al centro del mondo. Immaginiamo di essere nel porto di Livorno, in una nave, con tutti gli oblò chiusi.

Come faremmo a sapere di essere nel porto di Livorno invece di essere su mare calmo, piatto, viaggiando a velocità costante? Se io verso l'acqua in un bicchiere, l'acqua finisce nel bicchiere esattamente allo stesso modo, che io sia fermo nel porto di Livorno o che viaggi a velocità costante su mare piatto. L'acqua è fatta di materia. Così come di materia sono fatte le pietre, la piuma e il martello.

Con le pietre che rotolano su diversi piani inclinati Galilei scoprì e misurò l'accelerazione di gravità. Con il famoso esperimento detto "della piuma e del martello" Galilei stabilì che la massa inerziale e quella gravitazionale sono equivalenti. Ci sono voluti tre secoli per capirne i motivi. Si tratta però sempre di oggetti dotati di massa. Ecco perché nei libri il principio di relatività galileiana viene ristretto ai corpi materiali.

Galilei però fece anche l'esempio dell'incenso che brucia emanando fumo, dicendo che il fenomeno resta identico, qualunque sia la velocità della nave, a condizione che la velocità sia costante. L'incenso che brucia è un fenomeno elettromagnetico. Quando Galilei dice "fai qualunque esperimento", non esclude alcun fenomeno. Se fosse stato scoperto che i fenomeni elettromagnetici non obbediscono al principio della relatività galileiana, il principio sarebbe stato dimostrato non valido per il mondo dell'elettromagnetismo. E invece no. Pur non sapendo dell'esistenza dei fenomeni elettromagnetici, Galileo Galilei nel 1600 disse che qualunque esperimento non sarebbe mai stato in grado di mettere in evidenza se ci si trova fermi nel porto di Livorno o su mare piatto a velocità costante. Accadde che le trasformazioni di

Lorentz sono nate dallo studio dei fenomeni elettromagnetici non esclusi dal principio di relatività galileiana. Fu Einstein a estendere la validità dell'invarianza di Lorentz dai fenomeni elettromagnetici a tutti i fenomeni fisici, scoprendo la sua famosa equazione,  $E = mc^2$ . In sintesi: Galilei enuncia il suo principio di relatività includendo tutti i fenomeni fisici. Lorentz scopre che i fenomeni elettromagnetici obbediscono alle proprietà di invarianza da lui scoperte. Einstein estende queste proprietà a tutti i fenomeni fisici, arrivando così a ciò che aveva previsto Galilei. Ciò che Einstein definì "relatività ristretta" corrisponde a ciò che Galilei aveva pensato tre secoli prima.

#### **Perché i cinesi hanno colto prima di noi l'importanza delle opere di Galilei?**

Perché da noi Galilei è stato semplicemente dimenticato. Newton non ha mai detto di essere stato lui a scoprire le tre leggi fondamentali della dinamica: azione e reazione eguali, principio di inerzia, e forza proporzionale all'accelerazione, non alla velocità. Queste sono tutte scoperte galileiane. L'ho scritto nel mio libro "*Galilei divin uomo*" e detto in numerose occasioni. Fu la cultura britannica ad attribuire a Newton la paternità delle scoperte galileiane prima citate. Una volta dissi al Presidente della Royal Academy che bisognerebbe cambiare quello che c'è scritto sull'Enciclopedia Britannica. Newton, ripeto, non ha mai attribuito a se stesso la paternità di queste scoperte.

#### **Ci parli della monumentale statua di Galilei, recentemente donata dalla Cina all'Italia.**

Dopo il mio primo viaggio in Cina, di cui ho parlato all'inizio, andai dall'allora Ministro degli Esteri, Franco Maria Malfatti, persona da me molto stimata e con il quale ero in ottimi rapporti. Gli dissi: debbo andare a Pechino per sentirmi dire che faccio bene a mettere in giusta evidenza le grandi conquiste scientifiche galileiane. La mia battaglia era ed è intesa a fare in modo che la cultura detta moderna abbia la scienza come componente fondamentale. Per scienza si devono intendere tutte quelle attività di ricerca che senza Galilei non avrebbero potuto essere concepite,

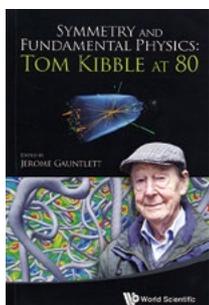
come la fisica moderna che ha, nell'universo subnucleare, le sue ultime frontiere. Desidero esprimere la mia profonda gratitudine a Tsung-Dao Lee, per essere stato un mio grande sostenitore in questa formidabile battaglia culturale. La gigantesca statua in bronzo realizzata su progetto di TD Lee è testimonianza di una grande verità

scientifica: Galilei padre della scienza moderna. Questa statua è stata donata dal CCAST (China Center of Advanced Science and Technology) di Pechino alla Basilica di Santa Maria degli Angeli e dei Martiri a Roma, che è in Italia la Basilica di Stato.

L. Cifarelli



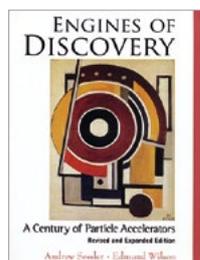
# RECENSIONI



**J. GAUNTLETT (EDITOR)**  
**SYMMETRY AND FUNDAMENTAL PHYSICS:  
TOM KIBBLE AT 80**  
World Scientific, Singapore, 2014  
pp. XI + 151; GBP 38.00 (hardcover)  
softcover: GBP 18.00  
e-book: GBP 14.00

Recensione di  
A. Marzuoli

Publicata online  
11 settembre 2014



**A. SESSLER AND E. WILSON**  
**ENGINES OF DISCOVERY  
A CENTURY OF PARTICLE ACCELERATORS.  
REVISED AND EXPANDED EDITION**  
World Scientific, Singapore, 2014  
pp. XV + 264; GBP 58.00 (hardcover)  
softcover: GBP 32.00  
e-book: GBP 24.00

Recensione di  
D. Rifuggiato

Publicata online  
11 settembre 2014



**E. ROTA**  
**ENERGIA E INNOVAZIONE**  
PREFAZIONE DI A. CAMMI E E. PADOVANI  
Aracne Editrice S.r.l., Roma, 2013  
pp. 196; € 15.00

Recensione di  
A. Terrasi

Publicata online  
11 novembre 2014



**F. SAPORETTI**  
**BIG BANG: CHI HA ACCESO LA MICCIA?  
UNA STRAORDINARIA AVVENTURA SCIENTIFICA**  
Pendragon, Bologna, 2014  
pp. 154; € 14.00

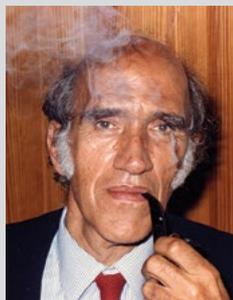
Recensione di  
S. Bergia

Publicata online  
5 dicembre 2014

I volumi pubblicati dalla Società Italiana di Fisica possono essere ordinati utilizzando il buono d'ordine disponibile al seguente indirizzo: [www.sif.it/libri/ordini](http://www.sif.it/libri/ordini)  
I soci usufruiscono di uno sconto del 30% sull'acquisto di questo volume.

## IN RICORDO DI

**Carlo Ceolin**



Padova, 7 luglio 1922-  
Padova, 28 luglio 2014

Publicato online  
12 settembre 2014

**Mario Ladu**



Nuoro, 26 gennaio 1917-  
Cagliari, 9 agosto 2014

Publicato online  
15 settembre 2014

**Emilio Picasso**



Genova, 9 luglio 1927  
Thoiry, 12 ottobre 2014

Publicato online  
20 novembre 2014

**Tullio Regge**



Torino, 11 luglio 1931-  
Orbassano, 23 ottobre 2014

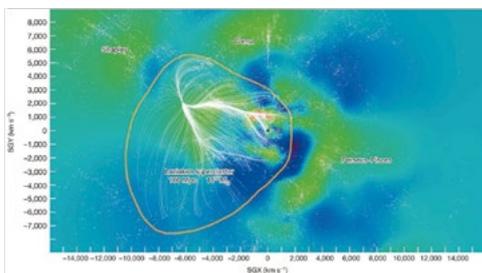
Publicato online  
18 novembre 2014

## LANIAKEA, IL NOSTRO SUPERAMMASSO

La struttura a grande scala dell'universo è un complicato intreccio di ammassi di galassie super-ammassi, filamenti ed enormi vuoti. Laniakea, "immenso cielo" in hawaiano, è il nome dato al superammasso in cui abitiamo e identificato da Brent Tully e collaboratori dell'Università delle Hawaii. Gli autori sono pervenuti sia, per la prima volta, ad una precisa definizione di "superammasso" sia all'identificazione delle superficie limite di quello che contiene il Sistema Solare e dei due ad esso limitrofi. Esso è molto più grande di quanto si pensasse, ha un diametro di 160 Mpc e una massa di  $10^{17}$  masse solari.

R. Brent Tully et al., *The Laniakea supercluster of galaxies*. Nature, 513 (2014) 71

.... Extended regions with a high concentration of galaxies are called 'superclusters', although this term is not precise.... Here we report a map of structure made using a catalogue of peculiar velocities. We find locations where peculiar velocity flows diverge, as water does at watershed divides, and we trace the surface of divergent points that surrounds us. Within the volume enclosed by this surface, the motions of galaxies are inward after removal of the mean cosmic expansion and long range flows. We define a supercluster to be the volume within such a surface, and so we are defining the extent of our home supercluster, which we call Laniakea.



Reprinted by permission from Macmillian Publishers Ltd: from R. Brent Tully, Hélène Courtois, Yehuda Hoffman, Daniel Pomarède, Nature, 513 (2014) 71, © 2014, NPG.

## MAJORANA, IN ALTRO MODO

Nel 1937 Ettore Majorana pubblicò su Il Nuovo Cimento un fondamentale articolo, che conteneva un'equazione relativistica per particelle di spin  $\frac{1}{2}$  alternativa a quella di Dirac. La particella di Majorana è identica alla sua antiparticella. Tali potrebbero essere i neutrini. Se è così dovrebbe esistere, per alcuni nuclei, il decadimento doppio beta senza neutrini nello stato finale. Questo processo estremamente raro viene attivamente ricercato.

Nella materia condensata esistono solo elettroni, non positroni. Ma, come spiega Frank Wilczek nel magnifico articolo "Majorana returns", Nature Phys., 5 (2009) 614, in un superconduttore due elettroni formanti una coppia di Cooper possono essere aggiunti o sottratti al condensato senza alterarne significativamente le proprietà. Il superconduttore inoltre scherma i campi elettrici e confina quelli magnetici in modo che la carica elettrica diviene inosservabile e l'ostacolo della coniugazione di carica diviene "vulnerabile". In certi tipi di superconduttore possono esistere eccitazioni di energia zero (zero modes) che sono sovrapposizioni quantiche in parti uguali di elettroni e lacune (chiamate "partiholes"). I corrispondenti operatori di creazione producono pseudo-particelle di spin  $\frac{1}{2}$  che sono antiparticelle di se stesse. Come dice Wilczek, le partiholes sono una nuova realizzazione dell'idea di Majorana. Abbiamo riferito in questa rubrica, Il Nuovo Saggiatore, 28 no. 3-4 (2012) p. 80 su di una prima evidenza sperimentale, che fu successivamente criticata. Ulteriore evidenza è riportata in

Stevan Nadj-Perge et al., *Observation of Majorana fermions in ferromagnetic atomic chains on a superconductor*. Science, 346 no. 6209 (2014) 602

Majorana fermions are predicted to localize at the edge of a topological superconductor, a state of matter that can form when a ferromagnetic system is placed in proximity to a conventional superconductor with strong spin-orbit interaction... we have fabricated ferromagnetic iron (Fe) atomic chains on the surface of superconducting lead (Pb). Using high-resolution spectroscopic imaging techniques, we show that the onset of superconductivity, which gaps the electronic density of states in the bulk of the Fe chains, is accompanied by the appearance of zero-energy end-states...

## COME SI PRODUCE L'ENERGIA DEL SOLE

Più di mezzo secolo è passato dall'inizio della fisica dei neutrini solari, da quando nel 1962 Ray Davis e John Bhacall cominciarono a discutere la possibilità di un esperimento il primo, lo sviluppo di un modello teorico il secondo. Da allora quasi tutte le componenti dello spettro energetico dei neutrini sono state misurate, con l'eccezione di quella che è di gran lunga la più importante, ma anche la più difficile. C'è ora riuscito l'esperimento BOREXINO ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN.

G. Bellini et al., *Neutrinos from the primary proton-proton fusion process in the Sun*. Nature, 512 (2014) 383

In the core of the Sun, energy is released through sequences of nuclear reactions that convert hydrogen into helium. The primary reaction is thought to be the fusion of two protons with the emission of a low-energy neutrino. These so-called pp neutrinos constitute nearly the entirety of the solar neutrino flux, vastly outnumbering those emitted in the reactions that follow. Although solar neutrinos from secondary processes have been observed, proving the nuclear origin of the Sun's energy and contributing to the discovery of neutrino oscillations, those from proton-proton fusion have hitherto eluded direct detection. Here we report spectral observations of pp neutrinos, demonstrating that about 99 per cent of the power of the Sun... is generated by the proton-proton fusion process.

## SCOPERTO COME SI SCIVOLA SU DI UNA BUCCIA DI BANANA

Il Premio Ig Nobel per la Fisica 2014 è stato assegnato per la misura dell'attrito tra la scarpa e una buccia di banana e tra questa e il pavimento, quando una persona la pesta.

Kiyoshi Mabuchi et al., *Frictional Coefficient under Banana Skin*. Tribology Online 7 (2012) 147

We measured the frictional coefficient under banana skin on floor material. Force transducer with six degrees of freedom was set under a flat panel of linoleum. Both frictional force and vertical force were simultaneously measured during a shoe sole was pushed and rubbed by a foot motion on the panel with banana skin...



## CONCORSO SCIENZAPERTUTTI ANNO SCOLASTICO 2014-2015

Il 2015 sarà l'anno internazionale della luce e delle tecnologie basate sulla luce. L'iniziativa delle Nazioni Unite intende promuovere una migliore comprensione del valore e della rilevanza scientifica, civile e culturale del ruolo della luce. La Redazione di ScienzaPerTutti coglie l'occasione per supportare il progetto dedicando ad esso il concorso Scuole per l'Anno Scolastico 2014-15. Invitiamo studenti e docenti ad affrontare e sviluppare l'argomento nelle modalità e prospettive più stimolanti, lasciando, come sempre, massima libertà di espressione nella sottomissione di elaborati, disegni, foto o video.

## Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste

La Thuile, Aosta Valley, Italy  
March 1-7, 2015

[http://www.pi.infn.it/lathuile/lathuile\\_2015.html](http://www.pi.infn.it/lathuile/lathuile_2015.html) e-mail: [lathuile@pi.infn.it](mailto:lathuile@pi.infn.it)



Cnr - Artov  
Ufficio Comunicazione



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia  
e lo sviluppo economico sostenibile



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015



## Concorso “**LIGHT SCHOOL**”

In occasione dell'Anno Internazionale della Luce 2015 (International Year of Light 2015, IYL 2015), proclamato dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, sono previste a livello locale, nazionale ed internazionale una serie di eventi ed iniziative sui temi della luce e delle tecnologie connesse, di grande interesse sia per la comunità scientifica che per il pubblico dei non addetti ai lavori.

Con l'obiettivo di promuovere la diffusione della cultura tecnico-scientifica nelle scuole della Regione Lazio, l'Unità Tecnica Sviluppo di Applicazioni delle Radiazioni dell'ENEA C.R. Frascati, l'Ufficio Comunicazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche dell'Area della Ricerca di Tor Vergata e l'Istituto dei Sistemi Complessi del Consiglio Nazionale delle Ricerche Unità Organizzativa di Supporto dell'Area della Ricerca di Tor Vergata propongono il concorso

“**LIGHT SCHOOL**”

Il bando di concorso prevede la partecipazione delle classi delle scuole primarie e secondarie laziali, ad esclusione dell'ultimo anno per ciascun ciclo.

Ogni classe partecipante al concorso preparerà un contributo di tipo poster, un “LIGHT Poster”, su una delle seguenti tematiche:

- Luce e Sostenibilità
- Luce e Natura
- Luce e Cultura
- Luce e Comunicazione
- Luce e Salute

Scadenza presentazione poster: 14 aprile 2015

Per informazioni contattare:

Dr.ssa Maria Aurora Vincenti

Unità Tecnica Sviluppo di Applicazioni delle Radiazioni

ENEA C.R. Frascati

maria\_aurora.vincenti@enea.it

<http://www.enea.it/it/in-evidenza/home/concorso-light-school>

## Technart 2015

Catania, April 27-30, 2015



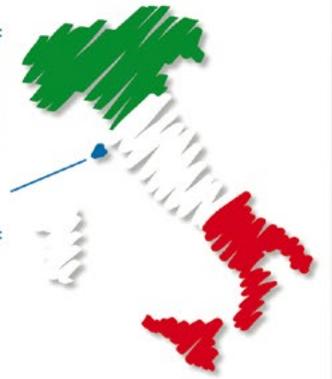
<http://technart2015.lns.infn.it/>



**4<sup>th</sup> Conference on PET/MR and SPECT/MR**

**17 - 21 May 2015**

Hotel Hermitage - La Biodola, Isola d'Elba - Italy



<http://psmr2015.df.unipi.it>    [psmr2015@df.unipi.it](mailto:psmr2015@df.unipi.it)

**Abstract submission deadline: February 15<sup>th</sup>, 2015**

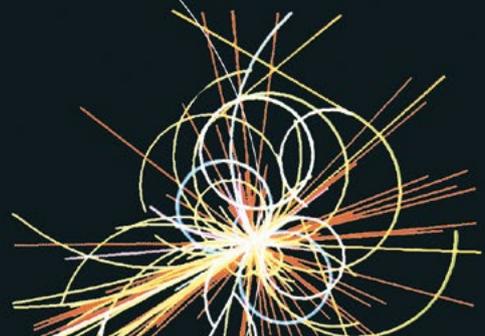


## Frontier Detectors for Frontier Physics

13<sup>th</sup> Pisa meeting on  
advanced detectors

La Biodola • Isola d'Elba • Italy  
May 24 - 30, 2015

<http://www.pi.infn.it/pm/2015/>



# INDICI DEL VOLUME 30

## INDICE PER FASCICOLI

### Numero 1/2, 2014

#### Editoriale/Editorial

L. Cifarelli

*Superconductivity and quantum criticality*

M. Grilli, S. Caprara

*In vivo clinical biophotonics*

R. Cicchi, D. Kapsokalyvas, F. S. Pavone

*Towards an organic artificial retina*

M. R. Antognazza, F. Benfenati, D. Ghezzi, G. Lanzani

*Galilei, il liuto, l'inferno di Dante e la luna*

C. Pellegrini

*Programma della Scuola estiva "Enrico Fermi" di Varenna*

*Joint EPS-SIF International School on Energy at Varenna*

*100° Congresso Nazionale della Società di Fisica*

*Bandi dei concorsi a premi della SIF*

*Research Center on Bose-Einstein Condensation*

F. Dalfovo, S. Stringari

*Le stelle medicee*

A. Bettini

*Il Nuovo Cimento 150, 100, 50 anni fa*

A. Bettini

*The EPS Historic Sites: a series of success stories in Italy and across Europe*

L. Cifarelli

*Rapporto sull'impatto della fisica nell'economia italiana*

L. Cifarelli

*Rosalind E. Franklin: Pioniera della biologia molecolare*

S. Croci, A. Oleandri

*Intervista a Simonetta Di Pippo*

S. Croci

*Recensioni (\*)*

*In ricordo di (\*)*

*P. Broveto (M. Salis, P. Quarati, R. A. Ricci)*

*A. Sutura (F. Prodi)*

*L. Foà (I suoi studenti)*

*G. M. Giacomelli (P. Capiluppi)*

*In evidenza (A. Bettini)*

*Annunci*

### Numero 3/4, 2014

#### Editoriale/Editorial

L. Cifarelli

*Heterogeneous catalysis towards the nanoscale*

M. Peressi, E. Vesselli

*Inflazione e onde gravitazionali*

E. Coccia

*Breaking news about old globular clusters*

A. L. Varri

*La Risonanza Magnetica a 7T: dalla ricerca di base alle applicazioni sull'uomo*

L. Biagi, M. Cosottini, M. Tosesti

*2014 International Year of Crystallography: birth and impact of X-ray crystallography*

D. Viterbo

*Fifty years ago. The quark model*

A. Bettini

(\*) Il testo completo delle recensioni e dei necrologi è pubblicato solo nella versione online (<http://www.sif.it/attivita/saggiatore/econtents>)

*100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica*

*Programma Generale*

*Introducing the Netherlands' Physical Society, NNV*

J. M. van Ruitenbeek

*Nell'anima ci diventa suono*

3 A. Bettini

*Il Nuovo Cimento 150, 100, 50 anni fa*

5 A. Bettini

*The 2nd Joint EPS-SIF International School on Energy: a unique experience*

16 J. Ongena

*Angela Bracco raddoppia*

25 *EPS Emmy Noether Distinction for Women in Physics*

*In ricordo di (\*)*

35 *Bruno Zumino (S. Ferrara)*

43 *Recensioni (\*)*

47 *Opinioni*

49 *In evidenza (A. Bettini)*

53 *Annunci*

### Numero 5/6, 2014

#### Editoriale/Editorial

L. Cifarelli

3 *Fifty years after the astonishing discovery of CP violation*

M. Giorgi

5 *SiGe nanocomposites*

L. Colombo, C. Melis

21 *Particle therapy for cancer and noncancer diseases*

M. Durante

28 *Le lingue di Galileo Galilei*

M. A. Cortelazzo

38 *Circumventing the diffraction limit*

80 A. Diaspro

*Cerimonia Inaugurale 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di*

81 *Fisica*

81 *Luci*

81 A. Bettini

81 *Il Nuovo Cimento 150, 100, 50 anni fa*

82 A. Bettini

83 *The Italian Physical Society "Enrico Fermi" Prize and Medal 2014*

S. Centro

*SIF-IOP "Giuseppe Occhialini" Prize and Medal 2014*

G. Grosso

72 *Il Premio Nobel per la Fisica 2014*

3 G. Grosso

73 *Dizionario biografico dei fisici italiani*

4 P. Rossi

*Una sfida, un successo*

17 L. Cifarelli

*Fabiola Gianotti ai vertici del CERN*

23 L. Cifarelli

*Il mentoring: un'opportunità per le donne nella ricerca*

I. Picardi

76 *Intervista a Antonino Zichichi*

34 L. Cifarelli

*Recensioni (\*)*

80 *In ricordo di (\*)*

80 Carlo Ceolin (G. Costa, R. A. Ricci)

80 Mario Ladu (P. Randaccio)

80 Emilio Picasso (H. Schopper)

80 Tullio Regge (V. de Alfaro)

81 *In evidenza (A. Bettini)*

82 *Annunci*

85 *Indice volume 30*

## INDICE PER AUTORI

<b>A</b>			
Antognazza M. R., Benfenati F., Ghezzi D., Lanzani G. <i>Towards an organic artificial retina</i>	30:1/2, 25		
<b>B</b>			
Benfenati F. (vedi Antognazza M. R.)			
Bettini A. <i>Le stelle mediche</i>	30:1/2, 62		
Bettini A. <i>Fifty years ago. The quark model</i>	30:3/4, 61		
Bettini A. <i>Nell'anima ci diventa suono</i>	30:3/4, 78		
Bettini A. <i>Luci</i>	30:5/6, 65		
Biagi L., Cosottini M., Tosetti M. <i>La Risonanza Magnetica a 7T: dalla ricerca di base alle applicazioni sull'uomo</i>	30:3/4, 34		
<b>C</b>			
Capiluppi P. <i>In ricordo di (*) Giorgio Maria Giacomelli</i>	30:1/2, 81		
Caprara S. (vedi Grilli M.)			
Centro S. <i>The Italian Physical Society "Enrico Fermi" Prize and Medal 2014</i>	30:5/6, 70		
Cicchi R., Kapsokalyvas D., Pavone F. S. <i>In vivo clinical biophotonics</i>	30:1/2, 16		
Cifarelli L. <i>The EPS Historic Sites: a series of success stories in Italy and across Europe</i>	30:1/2, 68		
Cifarelli L. <i>Rapporto sull'impatto della fisica nell'economia italiana</i>	30:1/2, 73		
Cifarelli L. <i>Una sfida, un successo</i>	30:5/6, 75		
Cifarelli L. <i>Fabiola Gianotti ai vertici del CERN</i>	30:5/6, 76		
Cifarelli L. <i>Intervista a Antonino Zichichi</i>	30:5/6, 78		
Coccia E. <i>Inflazione e onde gravitazionali</i>	30:3/4, 17		
Colombo L., Melis C. <i>SiGe nanocomposites</i>	30:5/6, 21		
Cortelazzo M. A. <i>Le lingue di Galileo Galilei</i>	30:5/6, 38		
Cosottini M. (vedi Biagi L.)			
Costa G., Ricci R. A. <i>In ricordo di (*) Carlo Ceolin</i>	30:5/6, 80		
Croci S., Oleandri A. <i>Rosalind E. Franklin: Pioniera della biologia molecolare</i>	30:1/2, 74		
Croci S. <i>Intervista a Simonetta Di Pippo</i>	30:1/2, 78		
<b>D</b>			
Dalfovo F., Stringari S. <i>Research Center on Bose-Einstein Condensation</i>	30:1/2, 59		
de Alfaro V. <i>In ricordo di (*) Tullio Regge</i>	30:5/6, 80		
Diaspro A. <i>Circumventing the diffraction limit</i>	30:5/6, 45		
Durante M. <i>Particle therapy for cancer and noncancer diseases</i>	30:5/6, 28		
<b>F</b>			
Ferrara S. <i>In ricordo di (*) Bruno Zumino</i>	30:3/4, 87		
<b>G</b>			
Ghezzi D. (vedi Antognazza M. R.)			
Giorgi M. <i>Fifty years after the astonishing discovery of CP violation</i>	30:5/6, 5		
Grilli M., Caprara S. <i>Superconductivity and quantum criticality</i>	30:1/2, 5		
Grosso G. <i>SIF-IOP "Giuseppe Occhialini" Prize and Medal 2014</i>	30:5/6, 72		
Grosso G. <i>Il Premio Nobel per la Fisica 2014</i>	30:5/6, 73		
<b>K</b>			
Kapsokalyvas D. (vedi Cicchi R.)			
<b>L</b>			
Lanzani G. (vedi Antognazza M. R.)			
<b>M</b>			
Melis C. (vedi Colombo L.)			
<b>O</b>			
Oleandri A. (vedi Croci S.)			
Ongena J. <i>The 2nd Joint EPS-SIF International School on Energy: a unique experience</i>	30:3/4, 85		
<b>P</b>			
Pavone F. S. (vedi Cicchi R.)			
Pellegrini C. <i>Galilei, il liuto, l'inferno di Dante e la luna</i>	30:1/2, 35		
Peressi M., Vesselli E. <i>Heterogeneous catalysis towards the nanoscale</i>	30:3/4, 4		
Picardi I. <i>Il mentoring: un'opportunità per le donne nella ricerca</i>	30:5/6, 76		
Prodi F. <i>In ricordo di (*) Alfonso Sutera</i>	30:1/2, 81		
<b>Q</b>			
Quarati P. (vedi Salis M.)			
<b>R</b>			
Randaccio P. <i>In ricordo di (*) Mario Ladu</i>	30:5/6, 80		
Rossi P. <i>Dizionario biografico dei fisici italiani</i>	30:5/6, 74		
Ricci R. A. (vedi Salis M.)			
Ricci R. A. (vedi Costa G.)			
<b>S</b>			
Salis M., Quarati P., Ricci R. A. <i>In ricordo di (*) Piero Brovotto</i>	30:1/2, 81		
Schopper H. <i>In ricordo di (*) Emilio Picasso</i>	30:5/6, 80		
Stringari S. (vedi Dalfovo F.)			
<b>T</b>			
Tosetti M. (vedi Biagi L.)			
<b>V</b>			
van Ruitenbeek J. M. <i>Introducing the Netherlands' Physical Society, NNV</i>	30:3/4, 72		
Varri A. L. <i>Breaking news about old globular clusters</i>	30:3/4, 23		
Vesselli E. (vedi Peressi M.)			
Viterbo D. <i>2014 International Year of Crystallography: birth and impact of X-ray crystallography</i>	30:3/4, 49		

## INDICE PER RUBRICHE

### SCIENZA IN PRIMO PIANO

*Breaking news about old globular clusters*

A. L. Varri 30:3/4, 23

*Heterogeneous catalysis towards the nanoscale*

M. Peressi, E. Vesselli 30:3/4, 4

*In vivo clinical biophotonics*

R. Cicchi, D. Kapsokalyvas, F. S. Pavone 30:1/2, 16

*Inflazione e onde gravitazionali*

E. Coccia 30:3/4, 17

*Fifty years after the astonishing discovery of CP violation*

M. Giorgi 30:5/6, 5

*SiGe nanocomposites*

L. Colombo, C. Melis 30:5/6, 21

*Superconductivity and quantum criticality*

M. Grilli, S. Caprara 30:1/2, 5

### FISICA E...

*La Risonanza Magnetica a 7T: dalla ricerca di base alle applicazioni sull'uomo*

L. Biagi, M. Cosottini, M. Tosetti 30:3/4, 34

*Particle therapy for cancer and noncancer diseases*

M. Durante 30:5/6, 28

*Towards an organic artificial retina*

M. R. Antognazza, F. Benfenati, D. Ghezzi, G. Lanzani 30:1/2, 25

### PERCORSI

*2014 International Year of Crystallography: birth and impact of X-ray crystallography*

D. Viterbo 30:3/4, 49

*Circumventing the diffraction limit*

A. Diaspro 30:5/6, 45

*Fifty years ago. The quark model*

A. Bettini 30:3/4, 61

*Galilei, il liuto, l'inferno di Dante e la luna*

C. Pellegrini 30:1/2, 35

*Le lingue di Galileo Galilei*

M. A. Cortelazzo 30:5/6, 38

### IL NOSTRO MONDO

*Introducing the Netherlands' Physical Society, NNV*

J. M. van Ruitenbeek 30:3/4, 72

*Le stelle mediche*

A. Bettini 30:1/2, 62

*Luci*

A. Bettini 30:5/6, 65

*Nell'anima ci diventa suono*

A. Bettini 30:3/4, 78

*Research Center on Bose-Einstein Condensation*

F. Dalfovo, S. Stringari 30:1/2, 59

### Scuole e Congressi SIF

*Programma della Scuola estiva "Enrico Fermi" di Varenna* 30:1/2, 43

*Joint EPS-SIF International School on Energy at Varenna* 30:1/2, 47

*100° Congresso Nazionale della Società di Fisica:*

*Informazioni generali* 30:1/2, 49

*Bandi dei concorsi a premi della SIF* 30:1/2, 53

*100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica*

*Programma Generale* 30:3/4, 69

*Cerimonia Inaugurale 100° Congresso Nazionale della*

*Società Italiana di Fisica* 30:5/6, 52

*Il Nuovo Cimento 150, 100, 50 anni fa*

A. Bettini 30:1/2, 67

30:3/4, 83

30:5/6, 69

### News

*Dizionario biografico dei fisici italiani*

P. Rossi 30:5/6, 74

*Fabiola Gianotti ai vertici del CERN*

L. Cifarelli 30:5/6, 76

*Il mentoring: un'opportunità per le donne nella ricerca*

I. Picardi 30:5/6, 76

*Il Premio Nobel per la Fisica 2014*

G. Grosso 30:5/6, 73

*Rapporto sull'impatto della fisica nell'economia italiana*

L. Cifarelli 30:1/2, 73

*Rosalind E. Franklin: Pioniera della biologia molecolare*

S. Croci, A. Oleandri 30:1/2, 74

*SIF-IOP "Giuseppe Occhialini" Prize and Medal 2014*

G. Grosso 30:5/6, 72

*The EPS Historic Sites: a series of success stories in Italy and across Europe*

L. Cifarelli 30:1/2, 68

*The Italian Physical Society "Enrico Fermi" Prize and Medal 2014*

S. Centro 30:5/6, 70

*The 2nd Joint EPS-SIF International School on Energy:*

*a unique experience*

J. Ongena 30:3/4, 85

*Una sfida, un successo*

L. Cifarelli 30:5/6, 75

*Angela Bracco raddoppia*

30:3/4, 86

*EPS Emmy Noether Distinction for Women in Physics*

30:3/4, 86

### Intervista a

*Simonetta Di Pippo*

S. Croci 30:1/2, 78

*Antonino Zichichi*

L. Cifarelli 30:5/6, 78

### In ricordo di (\*)

*Alfonso Sutura*

F. Prodi 30:1/2, 81

*Piero Broveto*

M. Salis, P. Quarati, R. A. Ricci 30:1/2, 81

*Lorenzo Foà*

I suoi studenti 30:1/2, 81

*Giorgio Maria Giacomelli*

P. Capiluppi 30:1/2, 81

*Bruno Zumino*

S. Ferrara 30:3/4, 87

*Carlo Ceolin*

G. Costa, R. A. Ricci 30:5/6, 80

*Mario Ladu*

P. Randaccio 30:5/6, 80

*Emilio Picasso*

H. Schopper 30:5/6, 80

*Tullio Regge*

V. de Alfaro 30:5/6, 80

### OPINIONI

*A proposito del consenso sull'Antropogenic Global Warming*

G. Alimonti 30:3/4, 88

## RECENSIONI (\*)

<i>Big Bang: chi ha acceso la miccia?</i> , F. Saporetti		<i>Physics of Ultra-Cold Matter</i> , J. T. Mendonça, H. Terças	
recensito da S. Bergia	30:5/6, 80	recensito da G. Benedek	30:3/4, 89
<i>Energia e innovazione</i> , E. Rota		<i>Selected papers II. With commentaries</i> , Chen Ning Yang	
recensito da A. Terrasi	30:5/6, 80	recensito da G. Benedek	30:3/4, 89
<i>Energia Sviluppo Ambiente</i> , E. Pedrocchi e G. Alimonti (a cura di)		<i>Solid State Physics - Second edition</i> , G. Grosso and	
recensito da E. De Sanctis	30:3/4, 89	G. Pastori Parravicini	
<i>Engines of Discovery</i> , A. Sessler and E. Wilson		recensito da G. Benedek	30:3/4, 88
recensito da D. Rifuggiato	30:5/6, 80	<i>Space-Time Symmetry and Quantum Yang-Mills Gravity</i> ,	
<i>Fifty Years of Nuclear BCS</i> , R. A. Broglia and V. Zelevinsky		J.-P. Hsu with L. Hsu	
recensito da G. Benedek	30:1/2, 80	recensito da A. Marzuoli	30:3/4, 88
<i>Galileo l'artista toscano</i> , P. Greco		<i>Symmetry and Fundamental Physics: Tom Kibble at 80</i> ,	
recensito da L. Belloni	30:1/2, 81	J. Gauntlett (Editor)	
<i>Introduction to Elementary Particle Physics - Second edition</i> ,		recensito da A. Marzuoli	30:5/6, 80
A. Bettini		<i>The Adventurous Life of Friedrich Georg Houtermans,</i>	
recensito da L. Cifarelli	30:1/2, 81	<i>Physicist (1903-1966)</i> , E. Amaldi - Edited by S. Braccini,	
<i>L'atomo inquieto</i> , C. Tuniz		A. Ereditato and P. Scampoli	
recensito da F. Casali	30:3/4, 88	recensito da A. A. Lucas	30:1/2, 81
<i>La patria ci vuole eroi</i> , U. Bottazzini, P. Nastasi; <i>Manifesto per</i>		<b>IN EVIDENZA</b>	
<i>la rinascita di una nazione</i> , V. Bush		La gocciolina quantica - Plancton turbolento - Break even	
recensiti da G. Benedek	30:1/2, 80	in fusione inerziale? - Misura di alta precisione di $m_e$ -	
<i>La scoperta delle particelle subatomiche</i> , E. Gadioli		La scala di massa dei neutrini?	30:1/2, 82
recensito da L. Belloni	30:1/2, 81	La sensibilità dell'occhio a un solo fotone - Filmare le gocce	
<i>Maser Sources in Astrophysics</i> , M. Gray		di un getto d'inchiostro - Gli atomi cadono come le mele -	
recensito da M. Bertolotti	30:3/4, 89	Misura diretta del momento magnetico del protone -	
<i>Microcosmos</i> , H. Fritzsche		Ancora sulla costante di Hubble	30:3/4, 90
recensito da E. Coccia	30:3/4, 89	Laniakea, il nostro superammasso - Majorana, in altro modo -	
<i>New Strategies for Energy Generation, Conversion and Storage</i> ,		Come si produce l'energia del Sole - Scoperto come si	
L. Cifarelli, F. Wagner, D.S. Wiersma (Editors)		scivola su di una buccia di banana	30:5/6, 81
recensito da C. Hidalgo	30:1/2, 80		
<i>Nobel Negati</i> , E. Gadioli			
recensito da L. Belloni	30:3/4, 89		

DOMANDA DI ISCRIZIONE alla SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA  
ITALIAN PHYSICAL SOCIETY MEMBERSHIP APPLICATION FORM

2015

Nome \_\_\_\_\_  
Name

Cognome \_\_\_\_\_  
Surname

Luogo e data di nascita \_\_\_\_\_  
Place and date of birth

Nazionalità \_\_\_\_\_  
Nationality

**a** Istituto o Ente di appartenenza \_\_\_\_\_  
Affiliation

**b** Indirizzo privato \_\_\_\_\_  
Home address

Indirizzo e-mail \_\_\_\_\_  
E-mail

Breve curriculum (titolo di studio, attività didattica e scientifica): \_\_\_\_\_  
Brief scientific curriculum:

Indirizzo a cui inviare il Bollettino della Società e la corrispondenza:  
Address where Bulletin and Society communications are to be sent:

**a**

**b**

Firme leggibili dei Soci Presentatori (\*)  
Signatures of two introducing Members (\*)

Nomi in stampatello e indirizzi e-mail  
Names in block letters and e-mail addresses

1) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Socio INDIVIDUALE € 45,00   
INDIVIDUAL Member

Socio JUNIOR al di sotto dei 30 anni € 25,00   
JUNIOR Member under 30

Socio SENIOR al di sopra dei 70 anni € 35,00   
SENIOR Member over 70

Socio INDIVIDUALE anche membro di altre associazioni scientifiche italiane relative alla fisica (\*\*)  
INDIVIDUAL Member also member of other Italian scientific associations (\*\*)

Socio COLLETTIVO € 260,00   
COLLECTIVE Member

Socio SOSTENITORE (a partire da) € 310,00   
SPONSORING Member (starting from)

*La quota di iscrizione dovrà essere pagata dopo aver ricevuto comunicazione dell'accettazione della domanda. (\*)*

*Applicants will have to pay the membership dues only AFTER having been informed by the Society of the acceptance of their application. (\*)*

(\*) Eccetto per i Soci INVITATI (neolaureati triennali in Fisica) che usufruiscono di pre-associazione gratuita per due anni.

(\*) Except for INVITED Members (newly graduated bachelors in Physics) who are granted free pre-membership for two years.

(\*\*) Informazioni: <http://www.sif.it/associazione>

(\*\*) Information: <http://en.sif.it/association>

Data \_\_\_\_\_  
Date

Firma \_\_\_\_\_  
Signature

Autorizzo il trattamento dei miei dati personali ai sensi del D.Lgs. 196/2003  
I hereby authorize the treatment of my personal data according to the privacy law D.Lgs. 196/2003  
sì /yes  no

# SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

## Per diventare Socio SIF:

Informazioni: <http://www.sif.it/associazione>

### Quote sociali 2015 della Società Italiana di Fisica

- |  |          |                          |
|--|----------|--------------------------|
| <input type="radio"/> Socio Individuale  | € 45,00  | <input type="checkbox"/> |
| <input type="radio"/> Socio Junior al di sotto dei 30 anni   | € 25,00  | <input type="checkbox"/> |
| <input type="radio"/> Socio Senior al di sopra dei 70 anni   | € 35,00  | <input type="checkbox"/> |
| <input type="radio"/> Socio Individuale anche membro di altra associazione scientifica italiana relativa alla fisica (*) | € 35,00  | <input type="checkbox"/> |
| <input type="radio"/> Socio Collettivo   | € 260,00 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="radio"/> Socio Sostenitore (a partire da)   | € 310,00 | <input type="checkbox"/> |

(\*) Informazioni: <http://www.sif.it/associazione>

## Per diventare Socio EPS:

Informazioni: <http://www.eps.org/subscribe>

### Quote sociali 2015 della Società Europea di Fisica per "Individual membership"

- |  |         |                          |
|--|---------|--------------------------|
| <input type="radio"/> Socio                          | € 25,00 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="radio"/> Socio al di sotto dei 30 anni  | € 18,00 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="radio"/> Socio in pensione              | € 18,00 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="radio"/> Studente                       | € 18,00 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="radio"/> Insegnante (pre-universitario) | € 18,00 | <input type="checkbox"/> |

## Modalità di pagamento della quota sociale alla SIF:

- online a mezzo carta di credito, tramite collegamento diretto e sicuro (POS) con la banca BNL, attraverso l'Area Soci del sito web della Società Italiana di Fisica
- a mezzo assegno bancario
- a mezzo bonifico:
- a) BancoPosta, IBAN IT14 G076 0102 4000 0001 9197 409  
intestato a: Il Nuovo Cimento - Società Italiana di Fisica S.I.F.
- b) **Per enti pubblici (Legge 136/2010)**  
IBAN IT85 K 06385 02452 1000 0000 0848  
c/o CARISBO intestato a Società Italiana di Fisica
- a mezzo versamento sul c/c postale n. 19197409  
intestato a: Il Nuovo Cimento - Società Italiana di Fisica S.I.F.
- a mezzo carta di credito, tramite la Società Italiana di Fisica, compilando e spedendo il modulo sottostante (\*\*)

(\*\*) In questo caso sono escluse le carte Diners e American Express.

----- ✂ -----

Compilare e spedire a :

**Società Italiana di Fisica – Via Saragozza 12 – 40123 Bologna – fax 051 581340**

Il sottoscritto: \_\_\_\_\_

Nato a: \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_

Residente a: \_\_\_\_\_

Via: \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_

Documento di riconoscimento: \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_

Rilasciato da: \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_

Titolare carta di credito **VISA** n. \_\_\_\_\_

Scadenza \_\_\_\_\_

Titolare carta di credito **MASTERCARD** n. \_\_\_\_\_

Scadenza \_\_\_\_\_

**AUTORIZZA**

La Società Italiana di Fisica

A prelevare dalla carta di credito sopra descritta

L'importo di € \_\_\_\_\_ (importo in cifre) , \_\_\_\_\_ (importo in lettere)

Data \_\_\_\_\_

Autorizzo il trattamento dei miei dati personali ai sensi del D.Lgs. 196/2003

sì  no

Firma \_\_\_\_\_



# UN BIMBO IN UN NEGOZIO DI CARMELLE

E' così che ti sentirai in [www.goodfellow.com/it/](http://www.goodfellow.com/it/)

Troverai i nostri scaffali riforniti con più di 70.000 articoli allettanti.

- ✓ Metalli
- ✓ Leghe
- ✓ Ceramiche
- ✓ Polimeri
- ✓ Composti
- ✓ Compositi
- ✓ Intermetallici
- ✓ Vetri

E se non trovi ciò che desideri, basta chiedere!

In base alle tue specifiche indicazioni cercheremo il materiale che fa al caso tuo.

Quindi lanciati nella ricerca e torna bambino con Goodfellow!

**Goodfellow**  
**Metalli e Materiali**  
*Sweet*

 **PRODOTTIGIANNI**  
Our competence, your value.

**Rappresentata in ITALIA da:**  
**Prodotti Gianni S.p.A.**

Via M.F. Quintiliano 30, 20138 Milano  
Tel. 02 5097 220 - Fax 02 5097 276  
[ricerca@prodottigianni.com](mailto:ricerca@prodottigianni.com)  
**[www.ricerca.it](http://www.ricerca.it)**

# N14xx, N14xxET & NDT14xx Families

## News from NIM & NIM/Desktop High Voltage Power Supply

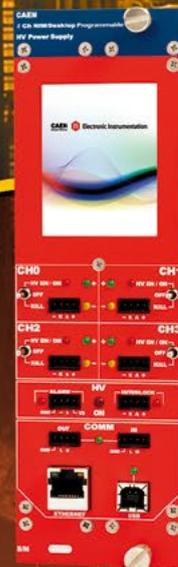
- Channel polarity independently selectable
- Common floating return
- Touch Screen Display
- USB 2.0 & Ethernet
- Low Cost Versions



LabVIEW Instrument Driver



General Control Software  
FREE Download



N14xxET Family



N14xx Family



The NIM/Desktop Power Supply Family NDT14xx can work on your desk or plugged in a standard NIM bin



<<< Power Supply for Laboratories webpage

Power Supplies / Power Supply for Laboratories

[www.caen.it](http://www.caen.it)



Small details... Great differences