

HANNO COLLABORATO A QUESTO
NUMERO:

M. R. Antognazza, G. Benedek,
L. Belloni, F. Benfenati, A. Bettini,
P. Capiluppi, S. Caprara, R. Cicchi,
L. Cifarelli, S. Croci, F. Dalfovo
M. Grilli, D. Ghezzi, C. Hidalgo,
D. Kapsokalyvas, G. Lanzani,
A. A. Lucas, A. Oleandri, F. S. Pavone,
C. Pellegrini, F. Prodi, P. Quarati,
R. A. Ricci, M. Salis, S. Stringari

IL NUOVO SAGGIATORE

BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Nuova Serie Anno 30 • N. 1 gennaio-febbraio 2014 • N. 2 marzo-aprile 2014

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 **Superconductivity and quantum
criticality**
M. Grilli, S. Caprara

16 **In vivo clinical biophotonics**
R. Cicchi, D. Kapsokalyvas, F. S. Pavone

FISICA E...

25 **Towards an organic artificial retina**
M. R. Antognazza, F. Benfenati,
D. Ghezzi, G. Lanzani

PERCORSI

35 **Galilei, il liuto, l'inferno di Dante
e la luna**
C. Pellegrini

IL NOSTRO MONDO

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

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

49 **100° Congresso Nazionale**

53 **Bandi dei concorsi a premi della SIF**

59 **Research Center on
Bose-Einstein Condensation**
F. Dalfovo, S. Stringari

62 **Le stelle medicee**
A. Bettini

67 **Il Nuovo Cimento 150, 100, 50
anni fa**
A. Bettini

News

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

73 **Rapporto sull'impatto
della fisica nell'economia italiana**
L. Cifarelli

74 **Rosalind E. Franklin:
Pioniera della biologia molecolare**
S. Croci, A. Oleandri

78 **INTERVISTA A**
Simonetta Di Pippo
S. Croci

RECENSIONI

81 **IN RICORDO DI(*)**
P. Brovotto (M. Salis, P. Quarati,
R. A. Ricci)
A. Sutera (F. Prodi)
L. Foà (I suoi studenti)
G. M. Giacomelli (P. Capiluppi)

IN EVIDENZA

ANNUNCI

(*) Il testo completo è pubblicato online:
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.

Celebrando e ricordando

Il 2014 è un anno ricchissimo di ricorrenze e celebrazioni.

Senza aver la pretesa di volerle menzionare tutte, basti pensare in primo luogo al 60° anniversario della fondazione del CERN, al 50° anniversario dell'ideazione del modello a quark di Gell-Mann e Zweig, al 40° anniversario della scoperta di Ting e Richter della J/ψ , ossia del quarto quark "charm" del Modello Standard, senza dimenticare il 100° anniversario della diffrazione a raggi X di von Laue e - appunto - l'Anno Internazionale della Cristallografia IYCr2014.

Nel 2014 ricorrono il 60° anniversario della morte di Enrico Fermi e l'80° anniversario della sua geniale formulazione della teoria del decadimento beta.

E ricorre anche il 450° anniversario della nascita di Galileo Galilei.

Come se non bastasse, il 2014 sarà l'anno del 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica. La prima Adunanza SIF ebbe luogo a Roma nel 1987, presso il Regio Istituto Fisico di via Panisperna, dove nacque la Società. Il suo Presidente fondatore fu Pietro Blaserna, come già ricordato in un numero della newsletter SIF PRIMA PAGINA che dal suo esordio in gennaio sta riscuotendo un notevole successo tra i suoi lettori. A seguire altre adunanze (non ogni anno) fino alla 32ª nel 1942. Nel 1947 (dopo la guerra) il primo Congresso Nazionale, in occasione del cinquantenario della SIF, si tenne a Como. Fu numerato come XXXIII Congresso per volere dell'allora Presidente Giovanni Polvani.

La Società Italiana di Fisica trae spunto da tutti questi significativi anniversari per le sue attività nel quadro della Scuola Internazionale di Fisica "Enrico Fermi" di Varenna, nel quadro del suo Congresso Nazionale, ovviamente, e anche nell'ambito delle sue numerose produzioni editoriali.

In particolare, nel corso del 2014, IL NUOVO SAGGIATORE pubblicherà in ogni suo numero qualche piccolo campione dell'immensa opera di Galileo Galilei. E in occasione del suo 100° Congresso Nazionale, che si terrà a Pisa dal 22 al 26 settembre, la SIF allestirà uno speciale spettacolo teatrale basato sulla lettura e interpretazione di alcune speciali pagine galileiane.

L'auspicio è che i giovani, il cui sguardo è giustamente rivolto al futuro, traggano tuttavia costante ispirazione da un passato così ricco di scoperte e di storia.

Celebrating and recalling

The year 2014 is especially rich in anniversaries and celebrations.

Without claiming to be complete, let us mention first of all the 60th anniversary of CERN foundation, the 50th anniversary of the formulation of the quark model by Gell-Mann and Zweig, the 40th anniversary of the discovery by Ting and Richter of the J/ψ , namely the fourth "charmed" quark of the Standard Model, not to leave behind the 100th anniversary of the X-ray diffraction of von Laue and - in fact - the International Year of Crystallography IYCr2014.

In 2014 also fall the 60th anniversary of Enrico Fermi's death and the 80th anniversary of his ingenious formulation of the beta-decay theory.

Moreover this is the year of the 450th anniversary of Galileo Galilei's birth.

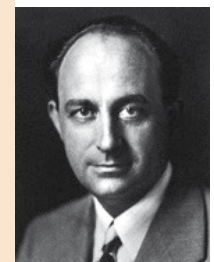
And on top of that, 2014 will also be the year of the 100th National Congress of the Italian Physical Society. The first SIF Meeting took place in Rome in 1897, at the Royal Physics Institute of via Panisperna, where the Society was established. Its founding President was Pietro Blaserna as already mentioned in an issue of the newsletter SIF PRIMA PAGINA that from its debut in January is achieving a resounding success among its readers. Other meetings followed (not annually) until the 32nd in 1942. In 1947 (after the end of the war) the first National Congress, that coincided with the 50th anniversary of SIF foundation, was held in Como. By decision of the then President Giovanni Polvani it was sequentially numbered as the XXXIII Congress.

The Italian Physical Society takes its cue from all these significant anniversaries for its activities in the frame of both the International School of Physics "Enrico Fermi" of Varenna and its National Congress, as well as for its numerous editorial productions.

In particular, in the course of 2014, IL NUOVO SAGGIATORE will publish in each of its issues small samples of the immense work of Galilei. And on the occasion of its 100th National Congress, to be held in Pisa from 22 to 26 September, SIF will put on stage a performance based on the reading of some special Galileian passages and their illustration.

Our wish is that the young, who rightly look at the future, might nevertheless derive constant inspiration from a past so rich in history and discoveries.

Luigi G. Fauti



ULTIMI VOLUMI PUBBLICATI

PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL SCHOOL OF PHYSICS "ENRICO FERMI"



Course 184
"Physics of Complex Colloids"
edited by C. Bechinger, F. Sciortino
and P. Zihnerl
pp. XX+612 € 195,00, SOCI SIF € 136,50



Course 185
"Metrology and Physical Constants"
edited by E. Bava, M. Kühne and A. M. Rossi
pp. XX+536, € 190,00, Soci SIF € 133,00

Per consultare l'elenco completo:
http://www.sif.it/libri/collane/rendiconti_fermi

LECTURE NOTES - JOINT EPS-SIF INTERNATIONAL SCHOOL ON ENERGY



Course 1
"New Strategies for Energy Generation,
Conversion and Storage"
edited by L. Cifarelli, F. Wagner and D. S. Wiersmapag
pp. XVIII+382 € 50,00, Soci SIF € 35,00

Per consultare l'elenco completo:
http://www.sif.it/libri/collane/lecture_notes

Per informazioni su prezzi e disponibilità scrivere a: subscriptions@sif.it

SOSTIENI LA SIF CON IL TUO 5%

Apponi la tua firma nell'apposito spazio della tua dichiarazione dei redditi (modello 730, Unico, CUD),
là dove si prevede il sostegno delle organizzazioni senza fine di lucro (in alto a sinistra della scheda),
e indica nello spazio sottostante il seguente numero:

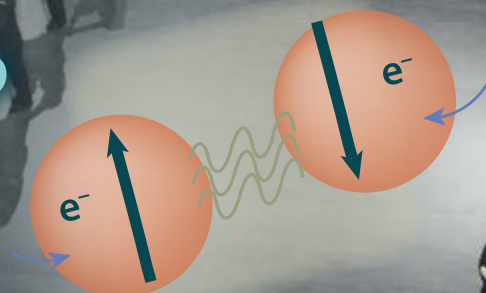
00308310374

SCELTA PER LA DESTINAZIONE DEL CINQUE PER MILLE DELL'IRPEF (in caso di scelta FIRMARE in UNO degli spazi sottostanti)	
Sostegno del volontariato e delle altre organizzazioni non lucrative di utilità sociale, delle associazioni di promozione sociale e delle associazioni e fondazioni riconosciute che operano nei settori di cui all'art. 10, c. 1, lett a), del D.Lgs. n. 460 del 1997 FIRMA Codice fiscale del beneficiario (eventuale) 00308310374	Finanziamento della ricerca scientifica e della università FIRMA Codice fiscale del beneficiario (eventuale)
Finanziamento della ricerca sanitaria FIRMA Codice fiscale del beneficiario (eventuale)	Sostegno delle attività sociali svolte dal comune di residenza FIRMA
Sostegno alle associazioni sportive dilettantistiche riconosciute ai fini sportivi dal CONI a norma di legge FIRMA Codice fiscale del beneficiario (eventuale)	

SUPERCONDUCTIVITY AND QUANTUM CRITICALITY

MARCO GRILLI, SERGIO CAPRARA

Dipartimento di Fisica, Università di Roma "La Sapienza", Roma, Italy



Although it was discovered more than a century ago, superconductivity (SC) still keeps its charm and is one of the most actively investigated subjects in condensed-matter physics. Our understanding of SC rests on two milestone paradigms: the Landau theory of normal Fermi liquids and the Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS) theory of SC. The former describes the metallic state where the sizable Coulombic interaction between any two electrons is efficiently screened once all the other electrons are taken into account. Thus, thanks also to the Pauli exclusion principle, sizably interacting electrons give eventually rise to weakly interacting “quasiparticles”. According to the BCS theory, these nearly free quasiparticles are then paired by the attractive forces mediated by quantum vibrations of the ionic lattice (the so-called phonons), thereby forming pairs with opposite momentum and intrinsic angular momentum (spin, usually represented as an upward or downward pointing arrow). As soon as they are formed, these electron pairs condense in a coherent macroscopic quantum state giving rise to the superconducting phase. In the last three decades, both the above “classical” paradigms have been challenged and an increasingly long list of materials has been found, where the metallic phase seems not to be a Fermi liquid and SC emerges in some anomalous way. Moreover, one quite common feature of these anomalous superconducting systems is that the concept of quantum criticality is somehow involved in their strange physical properties. This contribution aims to briefly revise the above traditional concepts to contrast the anomalous metallic and superconducting behaviors of these new materials, which are described emphasizing their intriguing proximity to quantum criticality.

1 What is a metal? Landau theory of Fermi liquid

The metallic state is the environment in which SC usually occurs and a rapid overview of our understanding of this state of matter is mandatory. In a metallic solid the regular crystal lattice of ions is permeated by the “sea” of conduction electrons, which move almost freely and are responsible for the efficient transport of electrical current and heat. The explanation why these electrons are not scattered by the ionic lattice is one of the successes of quantum physics in the last century. The conduction electrons are described as extended waves (the so-called Bloch states) with well-defined wave vector $\mathbf{k}$ and frequency $\omega(\mathbf{k})$. According to the principles of quantum mechanics, the wave- and particle-like properties of an electron are related, so that we can assign to a Bloch state a well defined energy $E(\mathbf{k}) = \hbar\omega(\mathbf{k})$, $\hbar$ being the Planck constant. The electrons are fermionic particles, which obey the well-known Pauli exclusion principle, according to which each quantum state labeled by the wave vector quantum number $\mathbf{k}$ can at most be occupied by two electrons with opposite intrinsic angular momentum (spin). As a consequence the many electrons in a metal ($\sim 10^{22}$ electrons/cm³) even at zero absolute temperature must occupy a staircase of different states of increasing energy. It is like in a skyscraper with bachelor misanthropic lodgers each living alone in one of the two flats (one for each spin) of each floor. Increasing the number of lodgers leads to the occupation of higher and higher floors. At zero absolute temperature, when the last electron has been placed in its quantum state, its energy is named Fermi energy and the set of $\mathbf{k}$ states at this energy forms the so-called Fermi surface (the highest occupied floor in the skyscraper)(fig. 1a).

Surprisingly, electrons in metals behave as nearly free (*i.e.* non-interacting) particles, although they are electrically charged particles, which should interact by a sizable Coulombic force. With such strong interaction an electron placed in a $\mathbf{k}$ state (of course, in an unoccupied state) well above the Fermi energy should rapidly interact with the other electrons inside the Fermi surface and produce a cascade of excited electrons (leaving unoccupied states, called holes, inside the Fermi surface). Therefore, the electron added in the state $\mathbf{k}$ would be rapidly kicked off by the other electrons, rendering its wave vector and energy rather loose concepts (fig. 1b). The Landau theory of normal Fermi liquids beautifully accounts for the surprising nearly free behavior of conduction electrons. At high temperatures (of the order of thousands of degrees) and at high energies well above the Fermi energy, the electrons are indeed strongly interacting. On the other hand, at low temperatures and in a weakly excited state, where the added electron has an energy only slightly above the Fermi energy (below the Fermi energy the states are already occupied by “misanthropic” electrons) there is no room for the electron to scatter, the electron needs a lot of time to change its $\mathbf{k}$ state and, meanwhile, the other electrons screen each other (thanks to the occurrence of electron-hole pairs) so that the electron only feels a weak residual repulsion from all the others (fig. 1c). The only remnant of the strong interactions is an enhancement of its mass (the so-called effective mass, which is usually larger than the mass of a free electron), while the electron in the $\mathbf{k}$

state persists in this state with energy $E(\mathbf{k})$ as if it were free: it has given rise to a nearly free Landau “quasiparticle”. The collection of conduction electrons forms the so-called normal Fermi liquid. In any respect (transport, thermodynamics, low-energy spectroscopy, and so on) quasiparticles behave just like heavier (sometimes much heavier, like in heavy-fermion systems) free electrons. Thus, thanks to screening and the Pauli principle, interacting electrons in metals behave like nearly free particles. Then, since the effects of electron-electron interactions are already taken into account, only the fluctuations of the ionic lattice and its defects are responsible for the small (but finite) resistance of metals.

2 The Bardeen-Cooper-Schrieffer theory of superconductivity

It is now crucial to remark that even a perfectly conducting metal formed by free electrons (or, better, quasiparticles) in the absence of defects and fluctuations of the ionic lattice would still be a quite different object as compared to a superconductor: In a perfect metal the electrons are independent of each other (but for the Pauli principle that they always have to obey). On the contrary, at the superconducting critical temperature T_c something drastic occurs that radically changes the nature of the metallic state, forming a new ordered state of matter. What this order is, it took several decades to understand, until Bardeen, Cooper, and Schrieffer (BCS) put forward their beautiful theory in

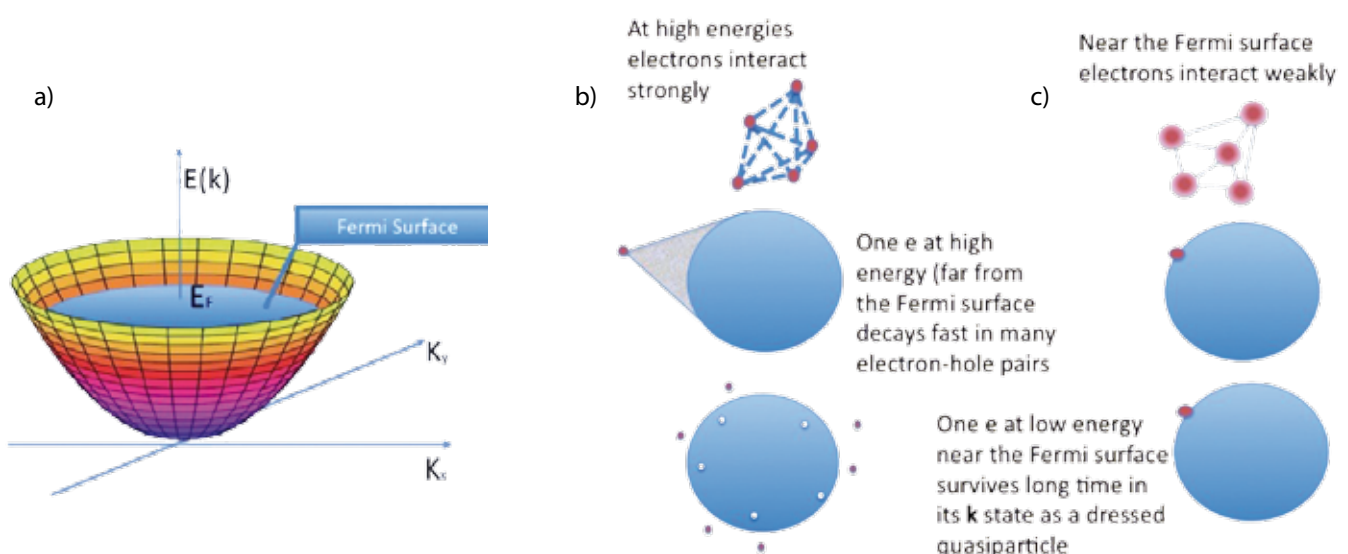


Fig. 1 (a) The relation $E(\mathbf{k})$ that assigns an energy to a Bloch electron with wave vector $\mathbf{k}$ is called dispersion law. Here, the case of a two-dimensional system, where the vector $\mathbf{k}$ has two components (k_x, k_y) , is depicted. The highest occupied energy level at zero absolute temperature is called Fermi energy E_F . (b) Sketch of the interaction processes involving a highly excited electron, with energy $E \gg E_F$. The electron rapidly decays producing many electron-hole pairs. (c) Sketch of the interaction processes involving a weakly excited electron, with energy $E \gtrsim E_F$, which is dressed as a weakly interacting long-lived quasiparticle.

1957. The elastic lattice medium vibrates and mediates an effective attraction between electrons with opposite spins ($\uparrow, \downarrow$) and wave vectors ($\mathbf{k}, -\mathbf{k}$) so that they form a bound state with zero total spin (the so-called spin singlet state) and center-of-mass momentum. More precisely, the effective attraction is mediated by the exchange of quanta of lattice vibrations: the phonons (see fig. 2).

Once these bound states are formed at T_c , they also (at the same temperature T_c !) condense in a single quantum state “similarly” to the Bose-Einstein condensation of the bosonic particles occurring when the single-particle ground state – the ground floor of the skyscraper – is occupied by a macroscopic number of bosons, that are not obliged to obey the Pauli principle and can form a coherent matter wave. By coherent it is meant that this wave has well-defined phase relations in its different space locations and the particles (or pairs in superconductors) lose their individual character and respond as a whole to an external disturbance. This also casts a rather close connection between the phenomenon of superfluidity (the non-dissipative flow of ^4He through capillaries without any viscosity) and the superconducting flow of the electronic current without any resistance. Differently from the Bose-Einstein condensation, however, the electron pairs (the so-called Cooper pairs) are quite extended in space and largely overlap: in a volume having the extension of a Cooper pair, the center of mass of 10^6 – 10^8 Cooper pairs can be accommodated in a typical superconducting metal. It is precisely this large overlapping

character of Cooper pairs that confers to the superconducting condensed quantum state its characteristic “rigidity”. As lucidly emphasized by Fritz London, this rigidity is responsible for the most striking features of the superconducting state: i) As soon as the pairs are formed, they immediately establish mutual coherence, forming a unique macroscopic quantum wave $\Psi(r) = |\Psi(r)|e^{i\phi(r)}$, which, being represented by a complex number, is characterized by a modulus and a phase ϕ . ii) Single electrons forming the pair condensate are “protected” from scattering and all together transport current with zero resistance. iii) Superconducting currents can tunnel through thin insulating barriers keeping memory of their coherence and give rise to amazing (and useful) interference effects (e.g., the Josephson effect). In summary, it is the rigid character of the SC quantum wave function that spectacularly brings the quantum physics at the scale of macroscopic objects.

The fact that quasiparticles are bound in pairs when forming the superconducting state entails that a finite amount of energy is needed to break pairs to produce single-electron excitations. This is why a gap $\Delta = |\Psi(r)|$ is observed in single-electron spectra, which opens at T_c as soon as the condensate is formed (fig. 3).

The above descriptions of normal Fermi liquid and of BCS superconductor are the two “classical” paradigms at the basis of our understanding of metallicity and SC in “traditional” systems. However, as mentioned above, in the last three decades many systems have been discovered, where such

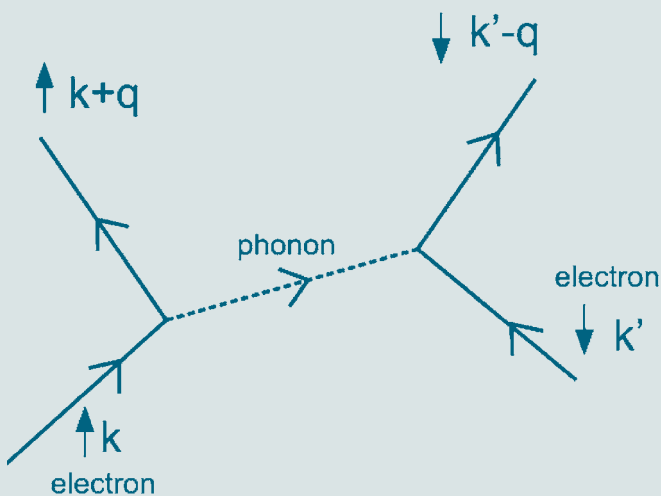


Fig. 2 Schematic representation of two quasiparticles with opposite momentum $\mathbf{k}' = -\mathbf{k}$ and opposite spin exchanging a phonon of momentum $-\mathbf{q}$ to form a Cooper pair.

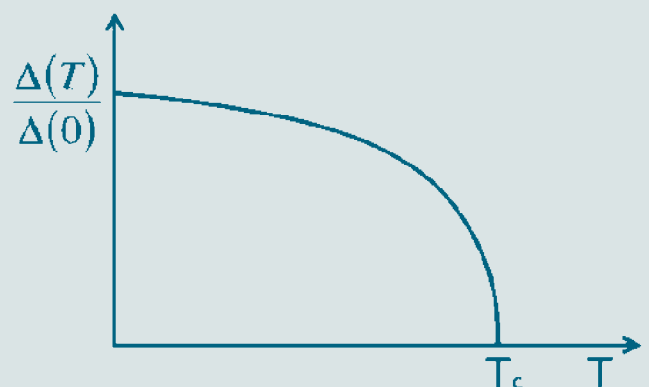


Fig. 3 The gap in the energy spectrum Δ characterizes the superconducting phase. It is maximum at zero absolute temperature and decreases with increasing temperature, vanishing at T_c , where the superconductor turns into a metal. In the BCS theory, Δ is proportional to the Cooper pair wave function Ψ (the order parameter of the superconductor-metal transition).

paradigms seem to be violated. One quite common feature of these anomalously metallic and superconducting systems is related to the concept of quantum criticality, which we now briefly describe.

3 Quantum criticality

The general concept of criticality arises in the context of second-order phase transition, like, *e.g.*, the transition between a paramagnet and a ferromagnet below the Curie critical point. These phase transitions occur between two phases, one of which (usually the one at lower temperature) is characterized by a kind of order, which is evidently absent in the other phase (see [box 1](#)). The physical quantity characterizing the ordered phase, which vanishes in the disordered phase and appears continuously at the transition (like, *e.g.*, the magnetization in the paramagnet-ferromagnet transition or the wave function $\Psi(r)$ of the condensed electron pairs, which describes a state that starts to be macroscopically occupied at the metal-superconductor transition), is named order parameter. When the critical temperature T_c is approached, the spatial fluctuations of the order parameters are correlated over larger and larger distances, and the characteristic length scale of the fluctuations (correlation length) diverges at the transition. In the example of the paramagnet-ferromagnet transition, when the temperature is lowered down to the Curie critical temperature larger and larger magnetized regions develop until the correlation length diverges at T_c . It is at this point that the divergent correlation length mirrors in a singular behavior of physical quantities, like, *e.g.*, the divergent magnetic susceptibility. Conversely, starting from the ordered state at low temperature, upon increasing the temperature towards T_c , larger and larger thermal fluctuations of the magnetization are produced, which eventually destroy the ordered ferromagnetic state at T_c . Owing to their purely thermal character, the changes of these fluctuations are basically ruled by temperature and have no intrinsic dynamics (*i.e.* their correlations are time independent).

On the other hand it may happen that some ordered phase at low temperature is destroyed by quantum fluctuations, when the system is modified by varying control parameters like pressure, magnetic field, electron density, etc. In this case the transition may even occur at zero absolute temperature when quantum fluctuations proliferate, until a critical value of these parameters is reached. Also in this case the second-order transition is characterized by a divergence of the length scale of spatial correlations of the fluctuations of the order parameter. The remarkable feature of quantum fluctuations, however, is their dynamical character. In this case the quantum critical point (QCP) is not only characterized by long-distance spatial correlations, but the correlations also

extend at long times. In this case a “boiling soup” of order parameter fluctuations with long-range correlations both in space and time is present in the system and strongly influences its physical properties. [Figure 4](#) displays the typical structure of a phase diagram in the proximity of a QCP.

At low values of the control parameter, generically indicated with the symbol x , the transition is driven by thermal fluctuations and occurs at a finite temperature $T_c(x)$. Upon increasing x , the ordered phase is destroyed even at zero temperature by the quantum fluctuations giving rise to the quantum disordered phase. Above the QCP a funnel-shaped quantum critical region is present, where the order-parameter fluctuations have a mixed thermal and quantum character.

In the following we discuss two distinct cases. In the first case we consider a QCP where the ordered phase is not a superconducting state. If (at least) one of the states between which this quantum transition occurs is a metal, the natural question then arises of how the boiling soup of fluctuations influences its metallic properties, eventually leading to a violation of the Fermi liquid paradigm, and the possible occurrence of SC, thanks to the presence of critical fluctuations. On the other hand, SC itself can be the ordered phase, which the quantum fluctuations suppress leading to a zero-temperature transition towards a metallic or even an insulating state. In the rest of this paper we give an overview of these two different ways in which quantum criticality may be concerning SC.

4 Superconductivity near quantum criticality

There is a long list of metallic systems, which undergo a quantum phase transition. Heavy-fermion systems, for instance, display a large variety of behaviors and a rich zoology of transitions towards magnetic states, spin-glass states (characterized by a glassy freezing of spin correlations), or other as yet unidentified phases (like, *e.g.* in URu_2Si_2 , where the nature of the ordered phase is still unknown). Strongly anisotropic systems are another environment, which is favorable for quantum phase transitions. This is so because when the system is strongly anisotropic it can be seen as an assembly of subsystems of lower dimensionality (like, *e.g.*, some organic solids). Since in two dimensions or, even more so, in one dimension, the ordered phases are spoiled by fluctuations, the tendency to order (*e.g.*, forming a magnetic phase) in anisotropic systems is less pronounced and the ordered phase can more easily be destroyed by external control parameters (like pressure, chemical doping, etc.). [Figure 5](#) reports some schematic phase diagrams of various materials displaying some order (antiferromagnetism (AF), charge-density wave (CDW), ferromagnetism, etc.) destroyed by external parameters, and SC occurring close to where the

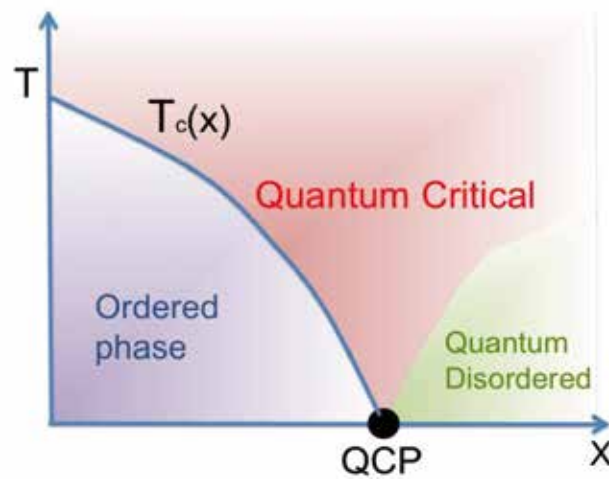


Fig. 4 Sketch of the phase diagram near a QCP. The ordered phase is found for smaller values of the control parameter x , below the transition temperature $T_c(x)$. For larger values of x and low temperatures the system is disordered by quantum fluctuations. Above the QCP, the temperature T is the only relevant parameter in the system and quantum and thermal fluctuations are strongly mixed leading to a quantum critical behavior.

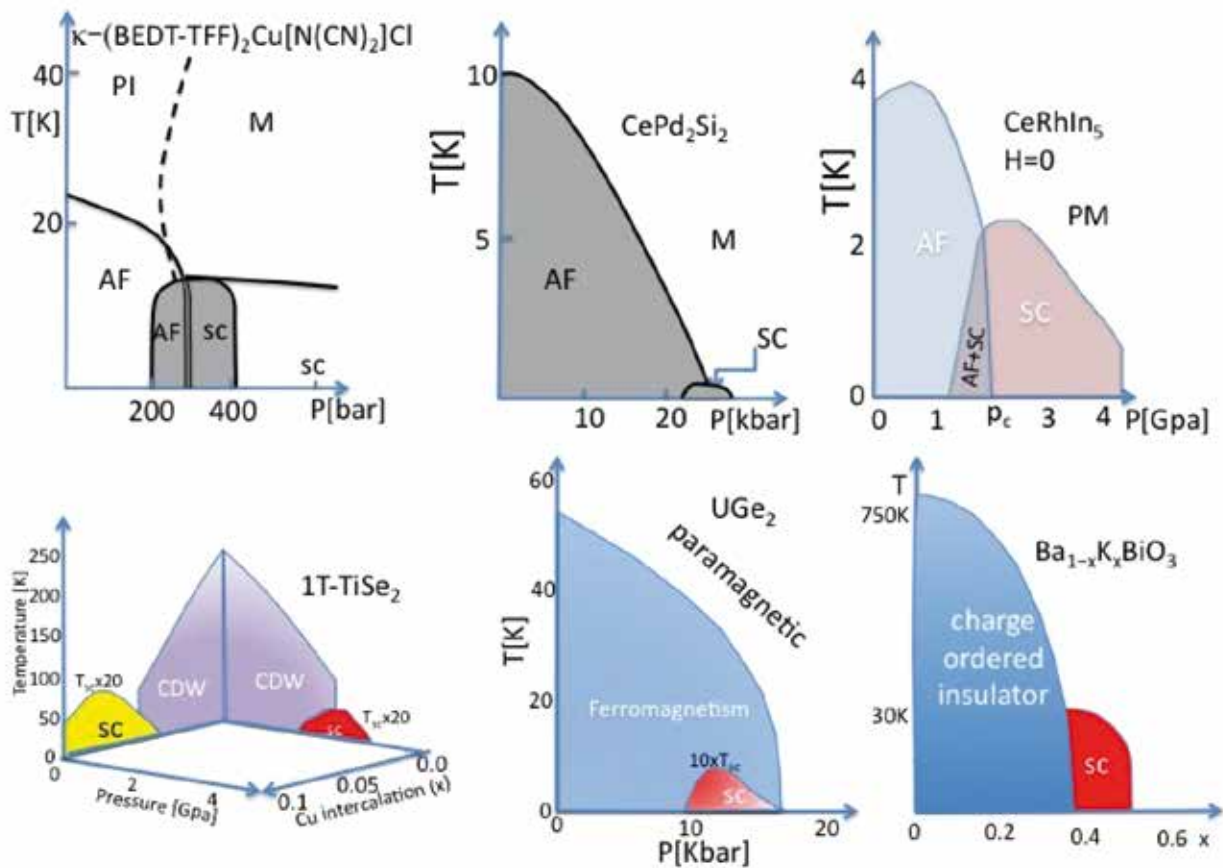


Fig. 5 Schematic phase diagrams of several different systems with SC occurring near a low-temperature phase transition (AF=antiferromagnet, M=metal, PI=paramagnetic insulator, SC=superconductor, CDW=charge density wave): κ -(BEDT-TFF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$]Cl is a quasi-two-dimensional organic charge-transfer salt; CePd $_2$ Si $_2$, CeRhIn $_5$, and UGe $_2$ are heavy-fermion systems; 1T-TiSe $_2$ is a layered metal dichalcogenide; Ba $_{1-x}$ K $_x$ BiO $_3$ is a three-dimensional oxide with perovskitic structure.

BOX 1

Various order phases

After the deep intuition of Lev Davidovich Landau, second-order phase transitions are nowadays described as transitions that involve a change of symmetry of a given system. The less symmetric phase (usually, but not necessarily, the one at lower temperature) is characterized by an order that is absent in the more symmetric phase. The idea is that the symmetry is lowered by the appearance of an order parameter. The order that establishes in the less symmetric phase is not always evident or easy to tell, and sometimes a good amount of ingenuity is required to identify the order parameter. Here, we discuss the examples of ordered phases that have been referred to in the main text.

A **ferromagnet** (FM) is a material that, below the Curie temperature T_c (in iron, $T_c = 768^\circ\text{C}$), spontaneously acquires a net magnetic moment $\mathbf{M}$. This vector points in a given direction,

thus lowering the rotational symmetry of the paramagnetic phase (the phase to be found above T_c). The magnetic moment $\mathbf{M}$ is the order parameter of the paramagnet-ferromagnet transition.

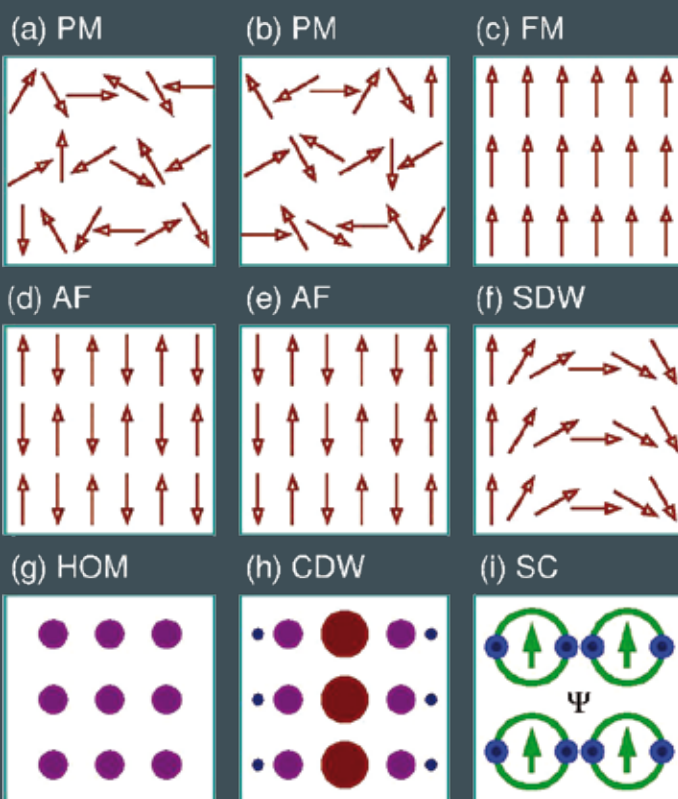
In an **antiferromagnet** (AF), the net magnetic moment is zero at all temperatures, although, below the Néel temperature T_N (in chromium, $T_N = 35^\circ\text{C}$), the system splits into two regularly interpenetrated subsystems (A and B) with opposite magnetic moments $\mathbf{M}_A$ and $\mathbf{M}_B = -\mathbf{M}_A$. The order parameter is the so-called staggered magnetization $\mathbf{L} = \mathbf{M}_A - \mathbf{M}_B$.

In **spin-density wave** (SDW) systems, below the SDW temperature, the magnetic moment rotates in space in a regular manner, so that the net (spatially averaged) magnetic moment is still absent. A **spin glass** is an even more complicated object, similar in some respect to a paramagnet, but with a glassy dynamics of the magnetic-field

induced magnetic moments.

Besides magnetic ordering, there are systems characterized by other kinds of orderings. One typical example is a system with a **charge-density wave** (CDW), where, below the CDW temperature, the electron charge density is not homogeneously distributed along the sample, and rather forms regularly modulated patterns.

In a **superconductor**, the order parameter is the complex wave function Ψ of the Cooper pairs. The symmetry involved is not easy to tell, here. A way to figure it out is to represent the complex number Ψ as a two-dimensional vector (its components being the real and imaginary parts of Ψ) that spontaneously points in a given direction below T_c , thus lowering the symmetry with respect to the metallic phase, where $\Psi = 0$ and there is no preferred direction in the two-dimensional space spanned by Ψ .



(a) A paramagnet, with random distribution of magnetic moments and no net magnetization. When rotated (b), a paramagnet look essentially the same. (c) A ferromagnet has a net magnetic moment that points in a given direction. (d), (e) An antiferromagnet has no net magnetic moment, but is formed by a regular alternation of magnetic moments pointing in opposite directions. (f) A

spin-density wave consists of a regular pattern of canted magnetic moments. (g) In a homogeneous state the electron charge is uniformly distributed. (h) A charge-density wave is a regular spatial modulation of the electron charge, with alternating denser and rarefied regions. (i) A superconductor may be described by a two-dimensional vector, representing the complex wave function Ψ of the Cooper pairs.

order would vanish at zero absolute temperature.

Remarkably the occurrence of SC in the region where the ordered phase has a vanishing critical temperature clearly suggests that a general mechanism is at work to produce SC, despite the completely different types of order, of materials, and of external parameter driving the disappearance of the ordered phase (pressure, chemical doping, magnetic field, etc.).

For sure, the most striking example of anomalous superconductors arising from an anomalous metallic state is that of high-temperature superconducting cuprates (HTSC), which we now describe as a prototypical example. These systems have been discovered in 1986 by J. Bednorz and A. Müller and have a layered quasi-two-dimensional structure (see, e.g., the structure of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ reported in fig. 6).

The relevant physical processes in these materials take place in the copper-oxygen (CuO_2) planes, while the other oxygen and rare-earth atoms between the CuO_2 planes mostly act as charge reservoirs. Electrons in these materials are strongly interacting and, when one electron per unit cell in the CuO_2 planes is present, the system prefers to form an insulating state because the metallic itinerancy of the electrons is hindered by the reciprocal repulsion. This state, in which the Fermi liquid paradigm breaks down, is the so-called Mott insulator and is also characterized by an

antiferromagnetic order. Upon doping (more frequently by removing x electrons per unit crystal cell from the CuO_2 planes, but also adding electrons is possible) the antiferromagnetic order is rapidly destroyed and the system becomes metallic. The most impressive property is then the formation of a superconducting phase at temperature much higher than in traditional superconductors (up to 155 K). The doping region of $x \sim 0.17$ – 0.20 (i.e., $n = 1 - x \sim 0.83$ – 0.80 electrons per unit CuO_2 cell) is the one with highest T_c and is therefore called “optimal” region. At higher doping T_c tends to decrease and, in those materials where a doping of $x = 0.3$ ($n = 0.7$) can be reached, it can even vanish. This is the so-called “overdoped” region. On the other hand, the region at lower doping ($n \sim 0.98$ – 0.85) is the underdoped region, where T_c increases with x .

Figure 7 reports a prototypical phase diagram of HTSC. Interestingly, the metallic state in the three distinct (under-, optimally, and over-doped) regions are differently anomalous. While in the overdoped region the metallic properties of a (more or less) standard Fermi liquid *à la* Landau are recovered, in the underdoped and optimally doped regions transport, thermodynamic, and spectroscopic properties do not follow the standard behavior of normal Fermi liquid and indicate the presence of anomalously strong residual interactions, which destroy the Landau quasiparticles. Moreover, in the

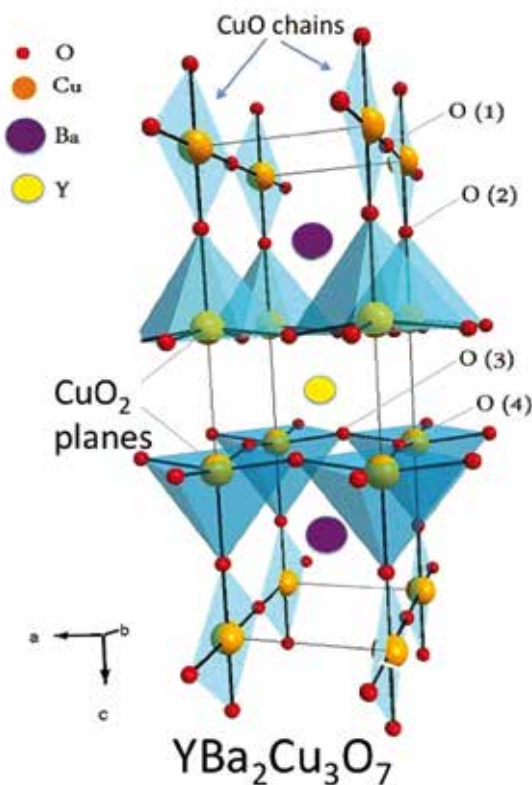


Fig. 6 Structure of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, a typical HTSC cuprate with maximum $T_c = 92$ K.

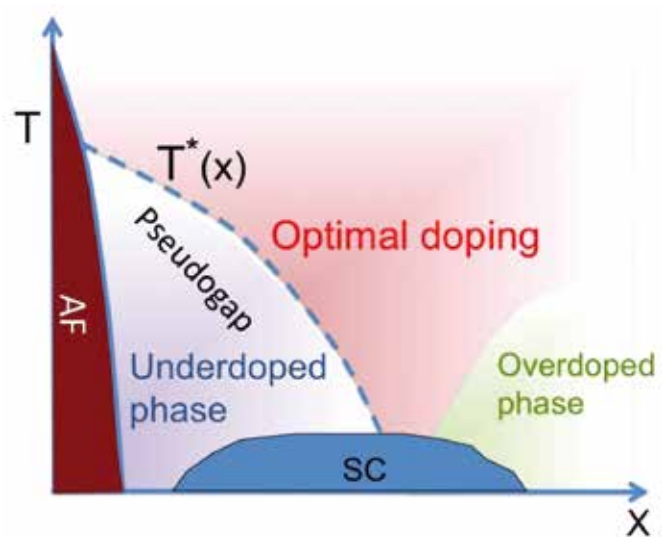


Fig. 7 Sketch of the phase diagram of HTSC in the temperature T vs. doping x plane. The AF phase exists at low doping. The superconducting phase is found below a dome-shaped curve centered around optimal doping. The overdoped metallic phase behaves as a Fermi liquid. In the underdoped region, below the curve $T^*(x)$ the pseudogap phase is found, characterized by an as yet unidentified order.

underdoped region a pseudogap (*i.e.*, a partial reduction of the density of states) opens below a crossover temperature T^* . This pseudogap is one of the pivotal concepts that have been differently used to support the two distinct physical frameworks so far adopted to interpret the physics of HTSC. The first line of thought (see [box 2](#)) assumes that strong electron-electron correlations induce a short distance effective interaction of antiferromagnetic character between the spins of two electrons. This leads to the formation of electron pairs in a spin singlet state below a temperature T^* which is higher than the critical temperature T_c at which the superconducting coherence can establish. This therefore leads to interpret the underdoped region as a phase where Cooper pairs in a spin singlet state are already present in the metallic non-superconducting state without being able to establish a common “rigid” phase and without condensing in a single quantum superconducting state. This scenario therefore implies a blatant violation of the BCS paradigm.

The other point of view is based on the proximity to some transition towards an as yet not unanimously identified (quasi)ordered phase. This proximity entails that some form of order is present in the underdoped phase (although it may occur only locally and dynamically without a true long-range character). The formation of orders which break translational invariance (like local AF islands, charge stripes, charge density waves or charge inhomogeneities) by itself entails the presence of pseudogap and therefore this second point of view is less at odds with BCS, and it rather describes the metallic state as a metal on the verge of some transition. This second point of view is obviously closely related to the concept of quantum criticality, because it assumes that the

quasiparticles live in an environment that is a “boiling soup” of nearly critical fluctuations that mediate strong residual interactions. This scenario therefore naturally accounts for the observed violation of the Landau Fermi liquid properties of the metallic phase of HTSC.

In this scheme the phase diagram of HTSC finds a general rationale by noticing its close resemblance with the standard phase diagram around a QCP (fig. 4): $T^*(x)$ more or less tracks the critical transition temperature $T_c(x)$ of the “mysterious” order, the region of quantum critical fluctuations is the region where the fast thermal-quantum dynamical fluctuations of the order parameter mediate strong interaction between the quasiparticles spoiling the Fermi liquid properties at optimal doping above the critical temperature of SC. Finally the quantum disordered region is the one where the fluctuations of the mysterious order are extended to shorter and shorter length scales, losing their singular character and therefore the standard Fermi liquid character of the metal is recovered.

This “criticality”-based scenario for HTSC would also highlight a resemblance of cuprates with other superconductors sharing the same feature of SC occurring in a region attached to some ordered phase. In all these cases the bottom line is that SC may be induced by the critical fluctuations of the order parameter. In other words, the glue to form the superconducting Cooper pairs is not provided by the quantum fluctuations of the ionic lattice, but by the quantum fluctuations of the order parameter characterizing the nearby ordered phase. This opens the way to a huge variety of pairing mediators ranging from spin-density waves to charge-density waves, from ferromagnetic paramagnons to valence fluctuations, etc. One such kind

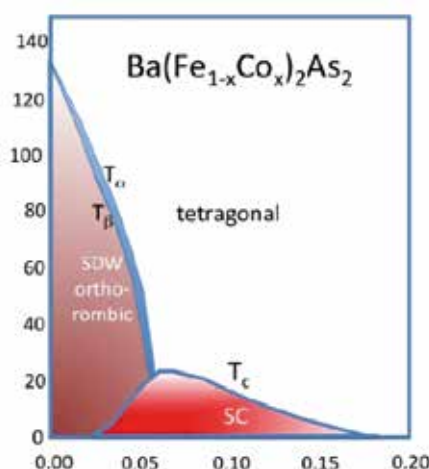


Fig. 8 Typical phase diagram of an iron-based superconductor, in the temperature vs. doping plane. The superconducting phase extends below a dome-shaped curve $T_c(x)$, centered near the QCP of the SDW phase. The metallic phase has a tetragonal lattice structure, whereas the SDW phase is orthorhombic.

of pairing mechanism might be realized in iron-based superconductors (also known as pnictides, due to the presence of arsenic in their structure), another class of high-temperature superconductors (with T_c up to 55 K), which was discovered in 2006. An example of such superconductors is $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$, which has the schematic phase diagram reported in [fig. 8](#). The proximity of these materials to a SDW phase suggests the role of spin-density wave fluctuations as pairing mediators.

5 Superconductivity forming quantum criticality

In the previous section SC was a generic and natural consequence of the disappearance of some order near zero temperature, with pairing likely being mediated by the critical fluctuations of a generic order parameter near a QCP. However one could also consider the case in which SC arises from some conventional mechanism (typically, phonons) and then it disappears when the amount of disorder exceeds a certain threshold, or the coherence between pairs is spoiled

BOX 2

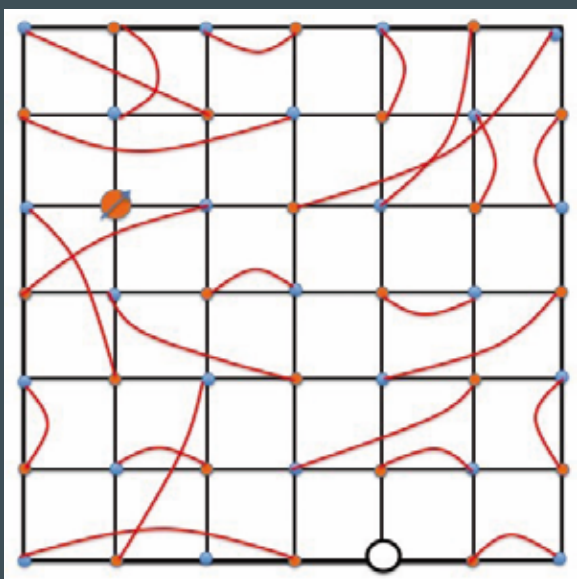
The main theoretical lines in HTSC

At the moment there are two main lines of thought to describe the physics of HTSC. The first one, early initiated by P.W. Anderson, is based on the idea that the quasi-2D structure and the proximity to a Mott insulating phase (entailing strong correlations and short-range magnetic correlations) are *per se* able to give rise to a non-Fermi-liquid phase (Luttinger liquid, resonating valence bond (RVB) state). In this anomalous metallic state the short-range magnetic correlations are an effective glue forming short-distance preformed Cooper pairs, which then condense in a SC

phase upon increasing doping. The keyword in this scheme is “Mottness” because the strongly correlated nature of the electrons near the Mott insulating phase persists in the weakly doped metallic state and is the main ingredient to induce the formation of the local singlet liquid.

The second line of thought is instead based on the proximity to some form of instability, with the metallic state displaying a strong tendency to form some kind of ordered state. Many, more or less exotic, proposals have been put forward as the underlying order: antiferromagnetic and/or charge density wave breaking translational order, circulating currents breaking

time reversal symmetry, nematic or Pomeranchuk *d*-wave order breaking rotational symmetry, etc. In this second case the proximity to a phase transition entails an anomalous metallic behavior because the metal quasiparticles live in a highly susceptible environment, where the proliferation of low-energy dynamical fluctuations can mediate strong interactions. Of course this not only can give rise to non-Fermi-liquid properties (short-lived quasiparticles, anomalous transport properties, and so on), but can also induce strong pairing between the quasiparticles yielding Cooper pairs and, eventually, SC. In this case the keyword is “criticality”.



Sketch of a RVB configuration. Opposite spins (blue and orange) are paired in singlets (red lines). The RVB state is a superposition of all the possible singlet pairings.

In the configuration shown two topologic excitations are also visible: a neutral unpaired spin (spinon)(red circle) and a missing electron forming a charged holon (white circle).

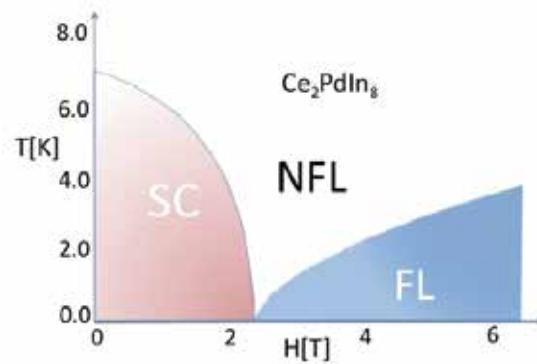


Fig. 9 Schematic phase diagram of a heavy-fermion superconductor, in the temperature T vs. magnetic field H plane. The superconducting phase is suppressed by an increasing magnetic field. The system displays a non-Fermi-liquid behavior just above the QCP at which superconductivity is destroyed at zero temperature.

when the density is lowered too much, or in the presence of a strong enough magnetic field, or of a sufficient amount of magnetic impurities, etc. In this case the QCP directly involves the disappearance of the superconductor order and the quantum fluctuations involved are the superconducting fluctuations themselves. Several questions then arise in this new context. First of all one may wonder why SC disappears. One possibility is that pairing itself disappears (*i.e.* the Cooper pairs unbound at the QCP) because repulsive forces overcome the attraction. The other possibility is that the pairs stay formed and the vanishing of the superconducting T_c is rather due to the loss of coherence between the pairs leading to the vanishing of the superconductor rigidity and its consequent non-dissipative current flow. Another interesting issue is related to the nature of the non-superconductor state: is this a metal or an insulator? If the non-superconductor state is a metal, do the superconducting quantum critical fluctuations affect the metallic quasiparticles? Is this metal still a Landau Fermi liquid near the superconductor–non-superconductor QCP? In fact not a unique behavior is found, but SC is differently destroyed in different materials.

Disorder is one of the most natural tunes to disrupt SC. While SC is rather robust under the introduction of even substantial amounts of quenched impurities, when disorder becomes so strong that even the conducting character of the metal supporting the superconducting state is put in jeopardy, SC is also affected and tends to disappear. One possibility is that the quasiparticles tend to diffuse slowly in the metallic state so that they screen less their reciprocal repulsion. When this repulsion overcomes the attraction mediated by phonons, the pairing itself is spoiled and T_c vanishes giving rise to a metal of nearly localized fermionic quasiparticles. In this situation the order parameter $\Psi(r) = |\Psi(r)|e^{i\phi(r)}$ vanishes because its

modulus vanishes. However, it may also happen that pairing still occurs on a rather short scale and Cooper pairs still form in the disordered environment. In this second case, disorder can suppress the diffusion of the pairs, which once localized hardly can establish phase coherence and a global condensation into the superconducting state. In this case the order parameter $\Psi(r) = |\Psi(r)|e^{i\phi(r)}$ vanishes because the strong spatial fluctuations of the phase $\phi(r)$ average it to zero and the system becomes an insulating state of nearly bosonic preformed pairs. Indeed both cases are possible and different systems may realize the two transitions with a different behavior of the superconducting gap at the QCP. In the fermionic case, when the transition is concomitant with the unbinding of the pairs, the superconducting gap, which represents the pair binding energy, is also vanishing together with T_c . On the other hand, the bosonic scenario is marked by a vanishing T_c coexisting with a finite gap signaling that SC disappears but fermionic degrees of freedom are still bound into Cooper pairs, which however lack phase coherence and tend to localize.

Magnetic fields are other fierce fiends of SC. When a superconductor is exposed to a magnetic field, it tends to react expelling it totally or partially. This property of SC to induce perfect diamagnetism is the Meissner effect and is the most specific signature of superconductivity. On the other hand, strong magnetic fields reduce the critical temperature and eventually destroy SC down to zero temperature. This therefore gives rise to a superconductor-to-normal metal transition at zero temperature. Interestingly cases are known in which the metallic phase above this QCP displays non-Fermi-liquid properties. Figure 9 reports the case of Ce_2PdIn_8 a heavy-fermion system. It is obviously tempting to attribute these violation of the Fermi-liquid properties to the fact that the quasiparticles live in a strongly susceptible

environment, where the precursor of the superconducting pairs fluctuate wildly. Once more the generic character of quantum criticality is to provide a hot soup of dynamical fluctuations, which mediate strong residual interactions between the quasiparticles disrupting their weakly interacting character.

Of course the variety of superconductor–non-superconductor transitions also includes a mixture of disorder and magnetic-field effects. For instance interesting multiple critical behaviors have been recently observed in the two-dimensional electron gas formed at the $\text{LaTiO}_3/\text{SrTiO}_3$ interface. This system, like $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$, is a remarkable example of low-dimensional system, where SC can be driven by tuning the electron density at the interface by means of a gating potential.

The likely scenario in this system is of superconducting “puddles” randomly embedded in a metallic matrix. At higher temperature the magnetic field first destroys SC inside each puddle giving rise to a “short-distance criticality” (more properly one should speak of a critical crossover). However, at lower temperatures the magnetic field breaks the coherence of the superconducting state formed when the puddles lock their relative superconducting phases.

6 Conclusions

This obviously incomplete overview mostly aims at emphasizing the frequent and intriguing interplay of SC and quantum criticality. When criticality is associated at an order different from SC, this interplay is both competitive and cooperative: when the order is strongly established it prevails and usually it “kills” SC. On the other hand, in the quantum critical region, where the order has a strongly fluctuating dynamical character it might even provide the glue needed to form the superconducting Cooper pairs thus favoring SC. Such a situation has been suggested to be at the basis of high-temperature SC in cuprates, where dynamical nearly critical CDW seem to be present. On the other hand, SC itself can produce quantum criticality when some mechanism, like disorder or strong magnetic fields,

disrupts the superconducting order. This interplay is often accompanied by an anomalous metallic state, where the Fermi liquid canonic behavior is violated. Despite the huge variety of orders involved, magnetic, of charge, ... , or SC itself, it seems that common features arise and start to be identified. Of course the discovery of new paradigms for SC and for the underlying metallic state is a great playground for both experimental and theoretical physicists, but first of all it is a beautiful intellectual challenge.

Suggested readings

Some non-specialized readings on superconductivity and superfluidity:

- “Cent’anni di superconduttività”, *Il Nuovo Saggiatore*, 28, no. 1-2 (2012) 53.
- C. Di Castro, S. Caprara and M. Grilli, “Superconduttività e superfluidità”, *Voce dell’“Enciclopedia della Scienza e della Tecnica Treccani”* (2008).
- <http://www.supraconductivite.fr/en/index.php>

Some more specialized readings:

On Fermi liquid theory:

- P. Nozieres, “*Theory of interacting Fermi systems*” (W. A. Benjamin, Inc., New York, Amsterdam) 1964.

On superfluidity and superconductivity:

- F. London, “*Superfluids*” (Wiley, New York) 1950-1954, 2 volumes.
- R. P. Feynman, R. B. Leighton and M. Sands, “*The Feynman Lectures in Physics*”, Vol. III (Addison-Wesley) 1965, cap. 21.

On quantum critical phenomena:

- S. Sachdev, “*Quantum Phase Transitions*”, second edition (Cambridge University Press) 2011.

On high-temperature superconductors, heavy fermions, and so on:

- http://www.quickiwiki.com/en/High-temperature_superconductivity
- P. Coleman, “*Local moment physics in heavy electron systems*”, in *Lectures on the Physics of Highly Correlated Electron Systems VI*, edited by F. Mancini (American Institute of Physics, New York) 2002, pp. 79 – 160, and arXiv:cond-mat/0206003.

On Superconductor-insulator transition:

- A. M. Goldman, “*Superconductor-Insulator transitions*”, *Int. J. of Mod. Phys. B*, 24, No. 20 & 21 (2010) 4081.

Marco Grilli

Marco Grilli, graduated in Physics at the University of Rome “La Sapienza” in 1985. Since 1998 he is Associate Professor in Condensed Matter Physics in the same university, where he presently teaches the course on “Superconductivity and superfluidity”. For more than 20 years he has been studying strongly correlated electron systems, quantum critical phenomena, and superconductivity. Together with Claudio Castellani and Carlo Di Castro he introduced a theory on high-temperature superconductivity – subsequently extended in collaboration with Sergio Caprara and other coworkers – based on the proximity of these systems to a charge-ordering instability. He is presently investigating low-dimensional superconductors and topologic states of matter.

Sergio Caprara

Sergio Caprara, graduated in Physics at the University of Rome “La Sapienza” in 1990. Since 2002 he is researcher in the same university. For four years he has been teaching the course of General Physics II. After being active in the field of strongly correlated electron systems and superconductivity, he extended his activity to disordered quantum spin systems, classical and quantum critical phenomena, and spintronics. In collaboration with Claudio Castellani, Carlo Di Castro and Marco Grilli, he studied the role of electronic phase separation in the appearance of superconductivity in strongly correlated electron systems. He is presently investigating low-dimensional disordered systems and topologic insulators.

IN VIVO CLINICAL BIOPHOTONICS

**RICCARDO CICCHI^{*1,2}, DIMITRIOS KAPSOKALYVAS²,
FRANCESCO SAVERIO PAVONE^{2,3}**

¹ National Institute of Optics, National Research Council (INO-CNR), Florence, Italy

² European Laboratory for Non-linear Spectroscopy (LENS), Sesto Fiorentino (FI), Italy

³ Department of Physics, University of Florence, Sesto Fiorentino (FI), Italy

Current optical and spectroscopic methods offer promising solutions that can provide benefit for the traditional diagnostic methods on biological tissues. The recent development and integration of multiple non-linear microscopy techniques in a multimodal approach has provided new opportunities for integrating morphological and functional information on the sample under examination. In particular, compact flexible non-linear microscopy is a very promising technique for *in vivo* non-invasive imaging of skin with high spatial resolution and deep penetration depth. The instrument has been tested on *in vivo* skin imaging of both epithelial cells in the epidermis and connective tissue in the dermis up to 220 mm depth from skin surface. This device can be considered a step further in the field of tissue optical biopsy and it could represent a powerful tool in a clinical dermatological setting.

1 Introduction

Two-photon excitation is a good example of modern physics in which the theoretical prediction of the process anticipates its experimental discovery by several years. In fact, the possibility of exciting an electronic transition by simultaneous absorption of two photons, whose energy sum matches the resonance energy, was theoretically demonstrated in 1931 by Maria Göppert-Mayer [1]. Thirty years passed before the first experimental observation of a two-photon excited transition by Kaiser and Garrett [2]. Other 3 decades passed before Denk, Strickler and Webb took advantage of this non-linear optical process to develop a new microscopic imaging technique [3]. Since its invention in 1990, the use of two-photon excited fluorescence (TPEF) microscopy underwent an impressive growth in both biological and biomedical fields. TPEF intrinsically offers several advantages with respect to other laser scanning imaging techniques, including higher spatial resolution, intrinsic optical sectioning capability, reduced photo-damage and photo-toxicity. TPEF found one of its main applications in tissue imaging because, by employing NIR laser wavelengths for exciting UV transitions, it offers high penetration depth in biological tissues enabling deep optical tissue imaging [4]. Further, since both cells and extracellular matrix intrinsically contain a variety of fluorescent molecules (nicotinamide adenine dinucleotide (NADH), tryptophan, keratins, melanin, elastin, cholecalciferol and others), biological tissues can be imaged by TPEF microscopy without any exogenously added probe [5,6]. Among biological tissues, skin is the most suitable to be imaged with TPEF *in vivo* because it provides an optical access

*E-mail: riccardo.cicchi@ino.it



without endoscopic requirements.

In the last two decades, TPEF microscopy was successfully used as a powerful technique in skin imaging and optical biopsy by means of a morphological characterization, and it was also tested and used *in vivo* on human subjects [7]. TPEF is particularly useful to image epithelial cells in the epidermis because NADH (one of the most important cellular intrinsic fluorophores) can be excited by two-photon absorption in the Ti:Sa emission spectral range. When imaging deeper in the papillary dermis, additional morphological information can be provided by second-harmonic generation (SHG) microscopy, which can be combined with TPEF microscopy using the same laser source. SHG was already largely used for imaging anisotropic molecules inside cells and tissues [8]. Collagen fibers produce a high SHG signal with which they can be imaged inside skin dermis. Recently, SHG was also used for investigating collagen fibers orientation and their structural changes in healthy tissues as human dermis [9,10] or cornea [11] and in the tumor microenvironment [12]. Combined TPEF-SHG microscopy has been applied to skin physiology and pathology, and specifically to the study of normal skin, cutaneous photoageing, diseased skin, and selected skin tumors, including basal cell carcinoma (BCC) [12], and malignant melanoma (MM). Recently, the *in vivo* use of higher-order harmonic microscopy, together with TPEF-SHG, has also been demonstrated to be useful in deep skin imaging. Fluorescence lifetime imaging microscopy (FLIM), when performed with non-linear excitation, is an additional non-invasive microscopy technique enabling the identification of endogenous fluorescence species and their surrounding medium by measuring the decay rate of fluorescence emission [13]. FLIM is useful to study protein localization and fluorescent molecular environment. Further, functional information on tissue conditions can be revealed by means of time-resolved analysis of NADH emission [14-17]. TPEF-FLIM have been previously applied to the study of the fluorescent properties of both normal and diseased skin [11] and has been demonstrated as an important tool to characterize skin layers specificity [11]. Spectral lifetime (SLIM), or multispectral (MTPE) tissue imaging can also be performed by measuring the two-photon emission spectra of different tissue intrinsic fluorophores. Those techniques offer functional information about the relative quantities of fluorescent molecules, which correlate with tissue structure in physiological and pathological states [15-17].

In this work, a new compact non-linear microscope with improved flexibility for *in vivo* skin imaging in a clinical dermatological setting is described. The instrument presented here offers improved flexibility as well as deep imaging capability (up to 220 μm). After an exhaustive description of the optical, opto-mechanical and electronic components, the measurement of system performances, including spatial resolution, temporal resolution and spectroscopic capabilities, are presented. Sub-cellular spatial resolution (up to 300 nm) for epidermal imaging has been obtained by using a high NA water immersion objective lens. PSF has been measured by using quantum dots as a sub-diffraction limit fluorescent target finding a good agreement with the theoretical PSF calculation. Deep penetration capability inside papillary dermis (up to 220 μm) has been reached by using a lower NA water immersion objective lens. In both cases, a temporal resolution of about 300 ps has been obtained by measuring the instrument response function to a sub-picosecond laser pulse. Finally, two *in vivo* tests of the instrument, respectively targeted at epidermal and dermal imaging, are presented as a demonstration of the instrument capabilities. Due to our promising results, we believe that this instrument may represent a powerful tool in clinical dermatological research for early diagnosis of skin cancer, as well as for non-invasive follow-up of pharmacological therapies and esthetic treatments.

2 Materials and methods

2.1 Experimental setup

The experimental setup consists of a compact flexible non-linear laser scanning microscope to be used for *in vivo* skin inspection. The system is mainly composed by four parts: the laser source and the optical system on the bench, the 7-mirrors articulated arm, the microscope head, and the multispectral detector.

Laser source and the optical system on the bench. The laser source is a pulsed Ti:Sapphire laser emitting ultrashort pulses at high repetition rate. The emission wavelength is tunable in the near infrared spectral range. The laser head is placed onto an antivibrating optical bench which further hosts beam conditioning optics. In particular, the output beam passes through an optical system for power adjustment that allows minimizing the laser power that illuminates the sample. After, the beam hits on two adjustable mirrors for beam alignment and it passes through an electronic shutter controlled via USB. The laser beam is then collimated and properly sized to a dimension of about 3 mm by using a telescope, before hitting onto an additional couple of adjustable mirrors that couple it into the articulated arm.

7-mirrors articulated arm. The articulated arm is made by three titanium tubes connected through couples of mirrors mounted on ball-bearings-based 45 degrees mounts. The ball-bearings connections enable arm flexibility, whereas the 45 degrees tilted mirrors placed exactly in the arm articulations allow to move the microscope head maintaining the laser beam aligned and centered inside the arm itself. The distal end of the arm is fixed onto the optical bench through a custom mount equipped with leveling screws. The proximal end is connected to the microscope head.

Microscope head. The microscope head is composed by two square plates with holes in the 4 corners where 4 stainless steel columns find place to allow mechanical connection of the two plates. The microscope head is divided into three levels. In the lower level we have placed detectors electronics. In the mid level (scanning plate) the scanning head and a beam expander for beam sizing to a dimension of about 1 cm diameter are placed. Laser light is transmitted through a dichroic mirror and then focused by the objective lens. Two different objectives with different specifications are used, depending if we image inside epidermis or dermis. In the first case, we have high spatial resolution but low penetration depth for imaging epidermal cells. In the latter case, we have lower spatial resolution but higher penetration depth for imaging dermis. TPEF-SHG light is reflected by the dichroic mirror and projected to the upper level (detection plate) through a hole in which a laser blocking filter is inserted. On the detection plate, two detection systems are located. The first one, based on photocurrent integration, allow simultaneous detection of TPEF and SHG. The second detection system is made by an objective lens that collect light and to couple it into a multimode optical fiber, connected to the multispectral detector (Multi-PMT). A flip-flop mirror allows switching between the two detection systems.

Multispectral detector and control. The multispectral detector (Multi-PMT) is composed by a diffraction grating and a 16-channels multi-anode photomultiplier strip with fast temporal response. Acquisition and control are performed using a PC and two synchronized I/O boards. The former board controls the movements of the scanning mirrors and synchronously acquires the amplified signals of the two PMTs, whereas the latter is dedicated to time-resolved single-photon counting measurements. The output settings are controlled by a custom-made software. The visualization of the acquired images is accomplished using a dedicated software that also allows to change the photon-counting board settings. Image pixels exponential fits, de-convolution and fluorescence decay analyses are performed using a dedicated software.

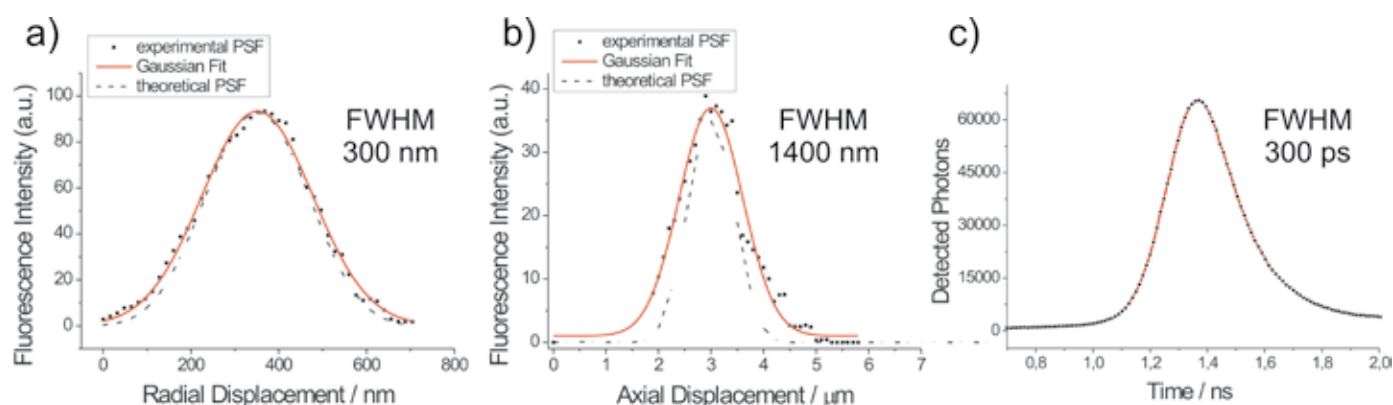


Fig. 1 Radial (a) and axial (b) measured PSF of the microscope measured on a 3D stack of a single fluorescent quantum dot Q10121MP (Invitrogen Corporation, Carlsbad, CA, US) with superimposed Gaussian fits (lines) and theoretical PSF (dashed lines). The measurement was performed under the following experimental conditions: refractive index of the immersion medium (water) $n = 1.33$, excitation wavelength $\lambda = 900$ nm, objective numerical aperture $NA = 1.2$, radial step: 16 nm, axial step: 100 nm. FWHM of the radial PSF: 270 nm for theoretical PSF; 300 nm for measured PSF. FWHM of the axial PSF: 1100 nm for theoretical PSF; 1400 nm for measured PSF. Temporal instrument response function (IRF) obtained by measuring the temporal response of the instrument (c) to a laser pulse (140 fs). FWHM = 300 ps. Values of measured FWHM for both PSF and IRF are indicated in the graphs.

2.2 Image acquisition and analysis

This study included 2 healthy Caucasian male volunteers (31 and 32 years old) who agreed to participate in the study and signed an informed consent. Both epidermis and dermis were imaged. In particular, 740 nm excitation wavelength was used for imaging epidermis (laser power in the 20 mW–50 mW range) and 900 nm for imaging dermis (laser power in the 30 mW–60 mW range). Images were typically acquired with 512×512 pixels spatial resolution, covering a field of view between 160 μm and 400 μm .

MTPE images were acquired in blocks of 16 spectral images (420 nm–620 nm spectral range) with 64×64 pixels spatial resolution and 200 μm field of view dimension. FLIM images were acquired with 128×128 pixels spatial resolution and 200 μm field of view dimension. Raw data were processed by using a custom software to extract TPEF and SHG contribution. In particular, in order to take into account SHG emission, fits on data were performed by using a combination of double-exponential decay function (for TPEF) and a Gauss function (for SHG). The TPEF-SHG normalized ratio, known as SHG-to-autofluorescence ageing index of dermis (SAAID), was used as a score. In SAAID scoring using MTPE, SHG image is the sum of all channels in the 420 nm–460 nm spectral range, whereas TPEF is the sum of all channels in the 475 nm–620 nm spectral range. In SAAID scoring using FLIM, TPEF is the integral of the best fitting double-exponential decay function whereas SHG is the integral of the best fitting Gauss function.

2.3 Microscope calibration

Spatial resolution. In two-photon microscopy the spatial resolution corresponds to the dimensions of the excitation volume which is smaller than the beam waist because of non-linear properties of excitation. In order to measure the spatial resolution of our optical system we considered the point spread function (PSF) of a sub-diffraction limit fluorescent object. For this reason, a 3D stack of a sample containing quantum dots was acquired. Quantum dots, approximately 20 nm in diameter, were water-diluted in order to obtain a concentration of few Q-dots per scanned field of view. Q-dots stick on the microscope slide were used for this measurement. The optical scanning in the three spatial directions was accomplished using water ($n = 1.33$) as an immersion medium, and a laser excitation wavelength of 900 nm. The distance between two adjacent pixels in X and Y directions was calculated after calibration with a graded microscope slide (data not shown). For the same distance along the axial direction, the position was varied by moving the objective lens using a stepping Z -motor. Fluorescence signal profile was fitted in both radial and axial direction using a Gauss function as a fitting function (fig. 1a,1b). The spatial resolution was then evaluated as the width at half the maximum value (FWHM) of the best fitting function. The values obtained for the

FWHM were: 300 nm for radial PSF (fig. 1a), and 1400 nm for axial PSF (fig. 1b). The theoretical radial and axial PSF were calculated and plotted as dotted lines (fig. 1a, 1b). The expected values of the PSF width were 300 nm for radial and 1100 nm for axial, in a good agreement with the measured values.

Temporal resolution. The time resolution of a the single-photon counting system is described by the total instrument response function (IRF), which is in turn the convolution product between the impulse response function of every system element. In order to measure the IRF of the system, a time response to a laser pulse was assumed as IRF. This approximation can be used, because the FWHM of the laser pulse (140 fs) is about three orders of magnitude smaller than the expected FWHM of the IRF. For this measurement, a small fraction of the back-reflected laser light was directed into the detection path, opportunely filtered and collected by the optical fiber into the detector. The recorded detector output pulse is represented in fig. 1c.

The FWHM was approximately 300 ps. This value has to be compared with the value of 200 ps of the multispectral detector. The difference between the two values resides in the spreading caused by the other system elements as optical components and electronics. Nevertheless, the measured FWHM of the IRF does not affect time resolution of lifetime measurement if an appropriate deconvolution is performed.

3 Results and discussion

3.1 *In vivo* TPEF-SHG imaging of skin

In vivo imaging with sub-cellular spatial resolution can be performed by using multiphoton microscopy up to 220 μm depth from skin surface. Images of both epidermis and dermis were acquired from two healthy male volunteers who agreed to participate in the study. In particular, images of epidermis (fig. 2a-c) were acquired by using a water immersion objective lens (NA 1.2) and an excitation wavelength of 740 nm. Signal was collected in the whole spectral range without any filtering in order to have a signal-to-noise ratio as high as possible. Cells are clearly distinguishable from the images and they appear with a fluorescent cytoplasm and a dark nucleus. Further, an analysis based on morphology enables to discriminate various epidermal layers. In particular our attention was focused on epidermal layers containing living cells. As expected, granular layer (fig. 2a) showed cells larger in dimension, with a characteristic content of highly fluorescent granuli, and emitting a lower average fluorescence with respect to other epidermal cells. Then, going deeper into the skin (spinous layer), cells appear smaller in dimension, more round in shape and they are in average more fluorescent as well as tightly packed (fig. 2b) with respect to the upper layer. This trend is maintained when imaging deeper to the basal layer (fig. 2c) which contains the smaller epidermal cells having the largest metabolic activity. This feature corresponds to a higher fluorescent signal coming from this layer, as shown in fig. 2c. Further, at this depth, images start exhibiting some extremely bright spots, probably corresponding to melanin granuli. Even if the probability of generating reactive oxygen species by prolonged multi-photon excitation inside skin has already been demonstrated to be not higher than normal sun exposure [18], at this depth we preferred to limit the acquisition only to few images because basal layer is the most absorbing region inside skin. Moreover, in order to limit the absorption to a minimum dose, images of epidermis were taken from the inner forearm which is one of the less pigmented regions of the body.

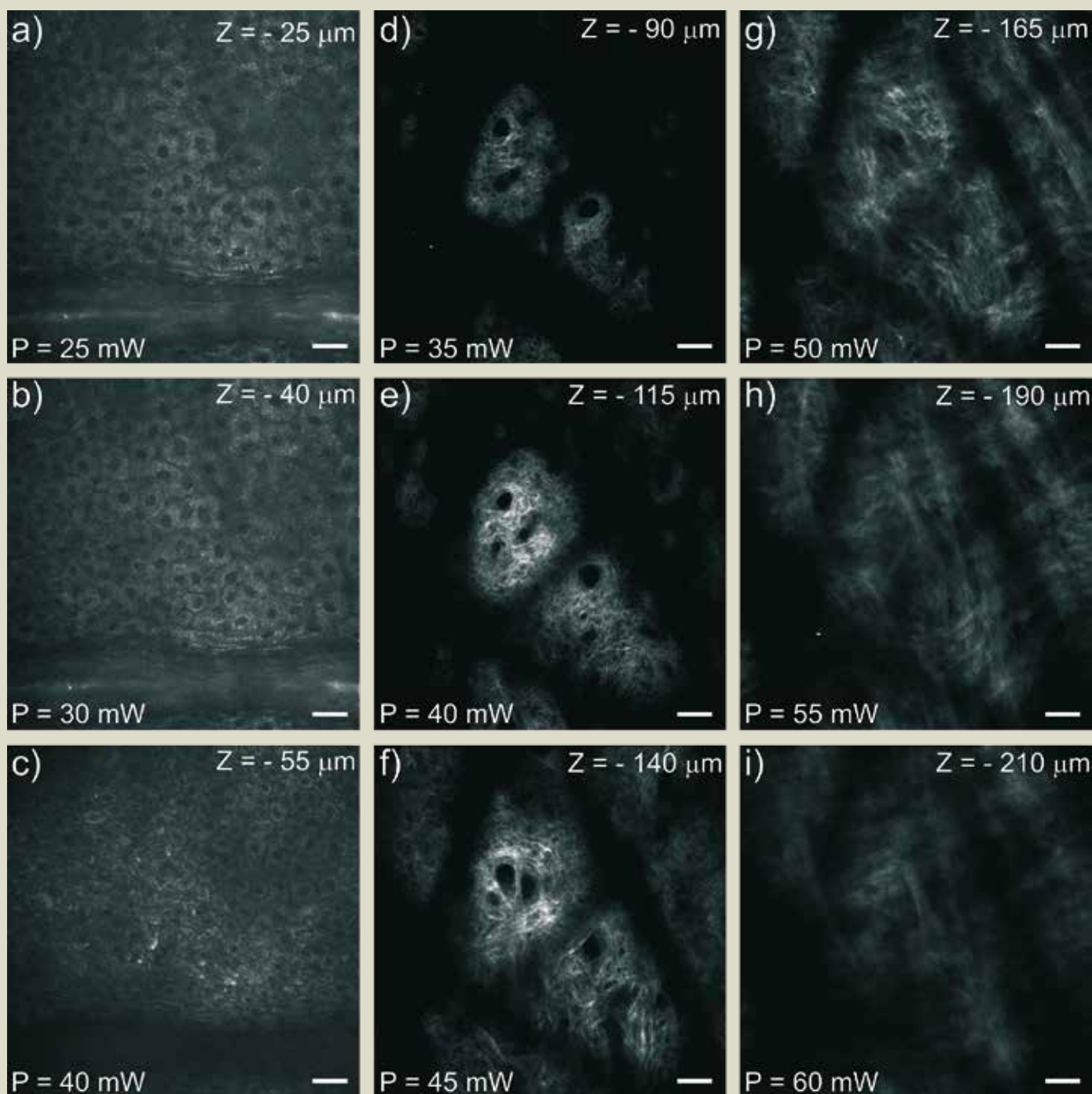


Fig. 2 TPEF image of skin autofluorescence acquired from the epidermis of a healthy male volunteer at: 25 μm depth from skin surface (a), 40 μm depth from skin surface (b), 55 μm depth from skin surface (c). The images are approximately corresponding to: granular layer (a), spinous layer (b), and basal layer (c). Laser power, measured after the objective, is indicated in the down-left corner of each image. Excitation wavelength: 740 nm. Field of view: 200 μm. Scale bar: 20 μm. Z-stack of SHG images of collagen acquired from the dermis of a healthy male volunteer (c-i) at various depths from skin surface. Laser power, measured after the objective, and the depth of recording are indicated in the down-left corner and in the up-right corner of each image, respectively. Excitation wavelength: 900 nm. Field of view: 400 μm. Scale bar: 40 μm.

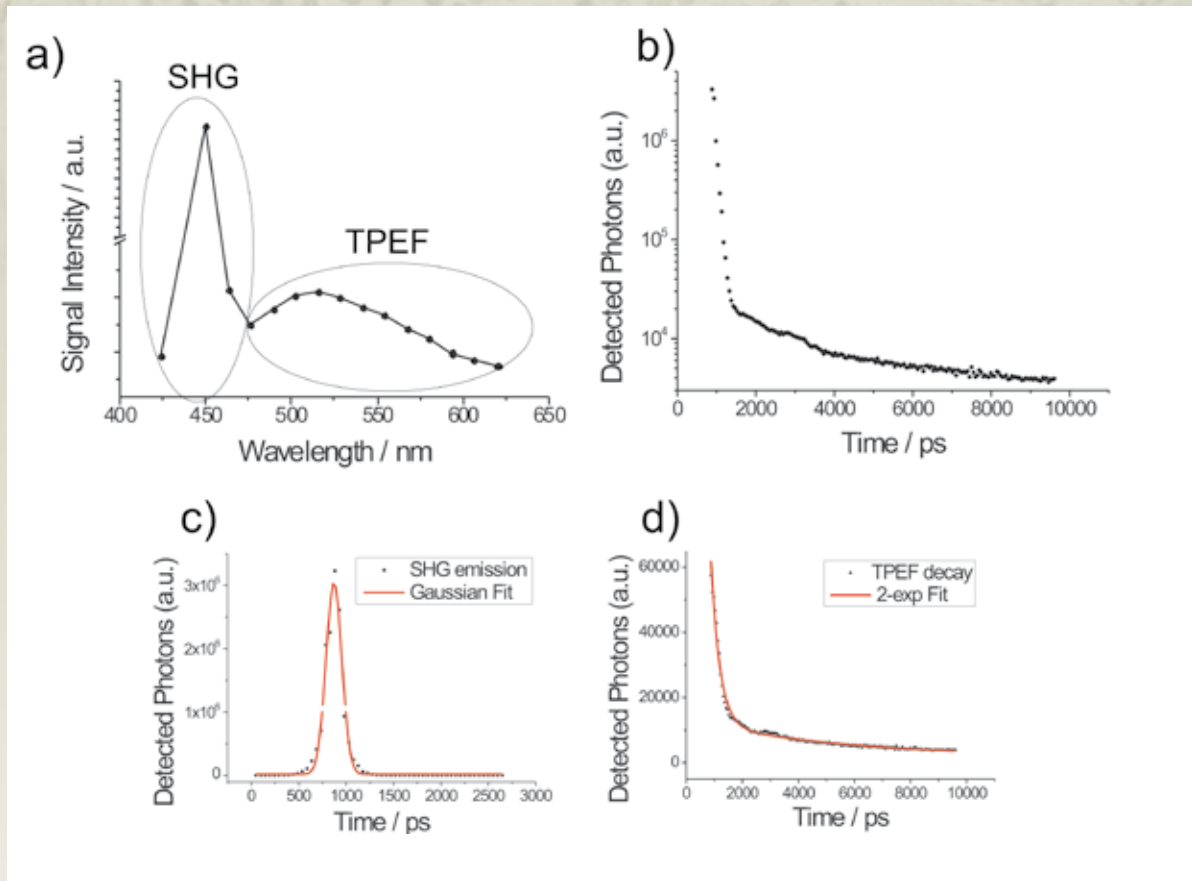


Fig. 3 Two-photon spectral emission of dermis (a) acquired at 100 mm depth from skin surface in the inner forearm of a healthy volunteer, using MTPE microscopy with 900 nm excitation. Time-lapse signal (b) of a similar acquisition summed over all the image pixels and presented on a logarithmic scale. SHG time-resolved emission (c) with superimposed Gaussian fit (line). TPEF time-resolved emission (d) with superimposed double-exponential decay fit (line).

Images of dermis (fig. 2d-i) were acquired by using a water immersion objective lens (NA 0.9) and an excitation wavelength of 900 nm. Even if 900 nm is not the best wavelength to excite SHG from collagen, we verified that this is the optimal wavelength for deep imaging inside dermis because longer wavelengths can penetrate deeper. Further, the laser beam was slightly underfilling the back-aperture of the objective to increase penetration depth. The resolution, even if reduced by this effect, is enough to resolve collagen fibers in dermis. In particular, we were able to discriminate collagen fibers inside dermis, as well as the contribution of the other filling components. In fact, dermis is mainly composed by collagen fibers, arranged to form a sort of skeleton of the tissue, immersed in a matrix mainly composed by water, hyaluronic acid, glycosaminoglycans and other proteins. Scattering is strongly affected by this matrix and the images resulted less or more blurry and more or less fibrotic depending on the relative abundance of collagen and other filling components, respectively. The signal shown in the images is containing both SHG and TPEF, even if the highest contribution is given by SHG, as demonstrated in the paragraph 3.3. We verified that the maximum imaging depth is approximately in the 210–220 μm range as shown in fig. 2i, hence enough to image papillary dermis [19].

3.2 *In vivo* FLIM and MTPE imaging of dermis

FLIM and MTPE *in vivo* test was performed in skin dermis of a healthy male volunteer who agreed to participate in the study. TPEF and SHG contributions can be separated by using both spectral-based and lifetime-based measurement. In fact, TPEF and SHG emission are well separated from the spectral point of view because of the Stokes shift affecting only fluorescence and they are generally split from a two-photon excited signal on a spectral basis. TPEF-SHG separation can also be performed on a temporal basis by considering that SHG is a coherent scattering process which is instantaneous, whereas fluorescence needs a certain time before occurring (fluorescence lifetime). Here, both methods are presented.

In MTPE, once acquired the emission spectrum, as shown in [fig. 3a](#), TPEF and SHG can be separately extracted by a proper channel selection. In particular, SHG image is the sum of the channels in the 420 nm–460 nm spectral range, whereas TPEF image is the sum of all channels in the 475 nm–620 nm spectral range. In FLIM a different approach was used. TPEF was separated by considering just the signal occurring after 300 ps from the signal peak (300 ps is the measured IRF). After this time period, signal detected should be considered only TPEF because SHG is instantaneous and is detected within the IRF. This portion of the detected signal was fitted by using a double-exponential decay function ([fig. 3d](#)) and the best fitting function was extrapolated down to zero-time and subtracted from the original signal. The difference should represent SHG signal and it was fitted by using a Gauss function ([fig. 3c](#)). The integral of the extrapolated double-exponential decay function and of the Gauss function were considered as TPEF and SHG, respectively. These two images (called TPEF and SHG in both methods described above) can be used to calculate the so-called “second-harmonic to autofluorescence ageing index of dermis” (SAAID) which can be used for scoring not only skin ageing, but also other inflammatory and pathologic conditions of dermis [9, 10].

A comment should be done on the advantages and drawbacks of these two methods. Probably the spectral-based method is more obvious, but very often is affected by channels cross-talk especially when using a multi-anode detector. Optical and electronic cross-talk can affect also measurements performed with a separating dichroic mirror on two different detectors connected to the same acquisition board. Furthermore, in the photon-counting regime, the photon count rate in *in vivo* imaging is often so low that extended acquisition time is required. Regarding the temporal-based method is offering the big advantage of a reduced acquisition time for having the same count level

(by a factor equal to the channels number) and also a higher number of spatial points acquirable, but is probably affected by fit precision. In our opinion, the method should be chosen according to the maximum photon count rate measurable at a safe laser power level.

4 Conclusion

In conclusion, in this paper we demonstrated the capability of our compact flexible non-linear microscope in imaging both epidermis and dermis *in vivo*. The system calibration showed sub-cellular spatial resolution and sub-ns temporal resolution. The instrument was tested on two healthy male volunteers confirming the capability of making an *in vivo* optical biopsy of skin. In particular, both cellular and collagen morphology can be non-invasively imaged by using TPEF microscopy. Our instrument can be used to image not only the epidermis but also deeper into the dermis up to a depth of about 220 μm . Multispectral, as well as time-resolved analysis in dermis was shown to be useful to characterize dermis state by measuring the relative amount of SHG and TPEF signals. Even if statistics on a bigger number of samples is needed, as well as the examination of various types of skin diseases, the device described here could become a powerful tool to be used in a dermatological clinic for both early diagnosis and therapy follow-up purposes. Finally, we believe that in the near future new emerging technologies for ultrafast pulsed laser sources, potentially more economic than the usual solid state Ti:Sapphire oscillator, can help non-linear laser scanning microscopy to find a stable place in the clinical setting.

Acknowledgements

The authors thank R. Ballerini, A. Hajeb (Mechanical Workshop of LENS), M. Giuntini, M. De Pas, A. Montuori (Electronic Workshop of LENS), for their help in building microscope mechanics and electronics, and C. Monico for her help in preparing samples with Q-dots.

The research leading to these results has received funding from the European Union Seventh Framework Programme (FP7/2007–2013) under grant agreements #228334 and #284464, and from the Italian Ministry for Education, University and Research in the framework of the Flagship Project NANOMAX. Furthermore, financial support by the Ente Cassa di Risparmio di Firenze (private foundation) is acknowledged.

Bibliography

- [1] M. Göppert-Mayer, "Über elementarekte mit zwei Quantensprunger", *Ann. Phys.*, 9 (1931) 273.
- [2] W. Kaiser and C. G. B. Garret, "Two-photon excitation in $\text{CaF}_2:\text{Eu}^{2+}$ ", *Phys. Rev. Lett.*, 7 (1961) 229.
- [3] W. Denk, J. H. Strickler and W. W. Webb, "Two-photon laser scanning fluorescence microscope," *Science*, 248 (1990) 73.
- [4] W. R. Zipfel, R. M. Williams and W. W. Webb, "Nonlinear magic: multiphoton microscopy in the biosciences", *Nat. Biotechnol.*, 21 (2003) 1369.
- [5] A. Zoumi, A. Yeh and B. J. Tromberg, "Imaging cells and extracellular matrix in vivo by using second harmonic generation and two-photon excited fluorescence", *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 99 (2002) 11014.
- [6] W. R. Zipfel, R. M. Williams, R. Christie, A. Y. Nikitin, B. T. Hyman and W. W. Webb, "Live tissue intrinsic emission microscopy using multiphoton-excited native fluorescence and second harmonic generation", *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 100 (2003) 7075.
- [7] K. König and I. Riemann, "High-resolution multiphoton tomography of human skin with subcellular spatial resolution and picosecond time resolution", *J. Biomed. Opt.*, 8(3) (2003) 432.
- [8] R. Cicchi, N. Vogler, D. Kapsokalyvas, B. Dietzek, J. Popp, and F. S. Pavone, "From molecular structure to tissue architecture: collagen organization probed by SHG microscopy", *J. Biophoton.*, 6 (2013) 129.
- [9] R. Cicchi, S. Sestini, V. De Giorgi, D. Massi, T. Lotti, and F. S. Pavone, "Nonlinear laser imaging of human skin", *J. Biophoton.*, 1 (2008) 62.
- [10] R. Cicchi, D. Kapsokalyvas, V. De Giorgi, V. Maio, A. Van Wiechen, D. Massi, T. Lotti, and F. S. Pavone, "Scoring of collagen organization in healthy and diseased human dermis by multiphoton microscopy", *J. Biophoton.*, 3 (2010) 34.
- [11] P. Matteini, F. Ratto, F. Rossi, R. Cicchi, C. Stringari, D. Kapsokalyvas, F. S. Pavone, and R. Pini, "Photothermally-induced disordered patterns of corneal collagen revealed by SHG imaging", *Opt. Express*, 17 (2009) 4868.
- [12] R. Cicchi, D. Massi, S. Sestini, P. Carli, V. De Giorgi, T. Lotti, and F. S. Pavone, "Multidimensional non-linear laser imaging of Basal Cell Carcinoma", *Opt. Express*, 15 (2007) 10135.
- [13] P. J. Tadrous, "Methods for imaging the structure and function of living tissues and cells: 2. Fluorescence lifetime imaging", *J. Pathol.*, 191 (2000) 229.
- [14] M. C. Skala, K. M. Riching, D. K. Bird, A. Gendron-Fitzpatrick, J. Eickhoff, K. W. Eliceiri, P. J. Keely, and N. Ramanujam, "In-vivo multiphoton fluorescence lifetime imaging of protein-bound and free nicotinamide adenine dinucleotide in normal and precancerous epithelia", *J. Biomed. Opt.*, 12 (2007) 024014.
- [15] R. Cicchi, A. Crisci, A. Cosci, G. Nesi, D. Kapsokalyvas, S. Giancane, M. Carini, and F. S. Pavone, "Time- and spectral-resolved two-photon imaging of healthy bladder mucosa and carcinoma-in-situ", *Opt. Express*, 18 (2010) 3840.
- [16] R. Cicchi, and F. S. Pavone, "Non-linear fluorescence lifetime imaging of biological tissues", *Anal. Bioanal. Chem.*, 400 (2011) 2687.
- [17] R. Cicchi, A. Sturiale, G. Nesi, D. Kapsokalyvas, G. Alemanno, F. Tonelli, and F. S. Pavone, "Multiphoton morpho-functional imaging of healthy colon mucosa, adenomatous polyp and adenocarcinoma", *Biomed. Opt. Express* 4, 1204-1213 (2013).
- [18] F. Fischer, B. Volkmer, S. Puschmann, R. Greinert, W. Breitbart, J. Kiefer, and R. Kepf, "Risk estimation of skin damage due to ultrashort pulsed, focused near-infrared laser irradiation at 800 nm", *J. Biomed. Opt.*, 13 (2008) 041320.
- [19] R. Cicchi, D. Kapsokalyvas, M. Troiano, P. Campolmi, C. Morini, D. Massi, G. Cannarozzo, T. Lotti, and F. S. Pavone, "In vivo non-invasive monitoring of collagen remodelling by two-photon microscopy after micro-ablative fractional laser resurfacing", *J. Biophoton.* (2013) DOI 10.1002/jbio.201300124.

Riccardo Cicchi

Riccardo Cicchi received his Master Degree in Physics in 2003 at the University of Florence, working on skeletal muscle myosin mechanics. In 2007, he got his PhD in Physics at the University of Florence with a thesis titled "Non-linear imaging of human skin". Now he is a Researcher at the National Institute of Optics. His research involves multiphoton microscopy and lifetime imaging of diseased tissues. He closely collaborates with medical expertises, including dermatologists, urologists, ophthalmologists, anatomo-pathologists. His activity mainly focuses on skin imaging, but it involves also other kinds of human tissues such as cornea, bladder, colon, and brain.

Dimitrios Kapsokalyvas

Dimitrios Kapsokalyvas holds a Physics degree and an MSc degree in Optoelectronics obtained from the University of Crete, Greece. He obtained his PhD degree in 2011 from the European Laboratory for Non-linear Spectroscopy (LENS), University of Florence for his thesis entitled "In vivo imaging of human skin". From 2011 to 2012, he was a post-doc at the European Laboratory for Non-linear Spectroscopy. Currently he works as a post-doc at the School for Cardiovascular Diseases, Maastricht University, the Netherlands. His scientific interests include imaging of human skin, multiphoton imaging of tissues and FLIM/FRET measurements on cell cultures and tissues.

Francesco Saverio Pavone

Francesco Saverio Pavone obtained his degree in Physics in 1989 at the University of Florence. In 1990, he became Research Officer at the European Laboratory for Non-Linear Spectroscopy (University of Florence). In 1993, he obtained a PhD in Optics at the National Institute of Optics (Florence, Italy). Currently he is Full Professor, head of the Biophotonics group, and Scientific Director at the European Laboratory for Non-linear Spectroscopy. His research group is working on various topics in the field of biophotonics: single-molecule biophysics, microscopy imaging-spectroscopy techniques, biomedical imaging, and laser manipulation of bio-samples.

TOWARDS AN ORGANIC ARTIFICIAL RETINA

ORGANIC POLYMERS ARE PROMISING TOOLS FOR RESTORING LIGHT SENSITIVITY IN DEGENERATED RETINAS

MARIA ROSA ANTOGNAZZA¹, FABIO BENFENATI², DIEGO GHEZZI², GUGLIELMO LANZANI^{1,3}

¹ Center for Nano Science and Technology @PoliMi, Istituto Italiano di Tecnologia, Milano, Italy

² Department of Neuroscience and Brain Technologies, Istituto Italiano di Tecnologia, Genova, Italy

³ Dipartimento di Fisica, Politecnico di Milano, Milano, Italy

By using prosthesis based on organic semiconductors it is possible to restore vision in blind people, affected by photoreceptors degeneration. The strategy is to implant a thin, light-sensitive foil in the sub-retinal space of the blind eye, in order to substitute damaged photoreceptors and restore light sensitivity. The prosthesis is made of a flexible substrate coated by a thin layer of the photoactive polymer semiconductor. A description of the original idea, how it was developed through a series of experiments and what has still to be done in order to test this new approach in human patients is here presented.

1 Introduction

Discovered more than 30 years ago, polymer semiconductors are large molecules with a backbone of conjugated carbon atoms. The term “conjugation” refers to the peculiar chemical bond in the carbon chain. In diamond, carbon atoms bind to four near neighbors to make a rigid lattice where electrons are tightly bound and do not move around. This gives the well-known hardness of diamond, but also the dielectric behavior and the transparent shining appearance we so much appreciate. Surprisingly, a dark greasy powder such as coal or the more compact graphite of pencils is made of the same atom. Here however, carbon atoms bind to three, or even two, near neighbors, and electrons are free to move along the

backbone or in the plane, as graphite is a two-dimensional material. Chains of carbon atoms with electrons delocalized along their backbone have peculiar optical properties. The reason is that the electric field oscillating in the light wave can easily couple to the conjugated electrons in the backbone (called π electrons), generating an induced dipole moment. This allows energy to be deposited in the molecule at the expense of the light energy. Depending on their size, counted in number of conjugated carbon atoms, or double bonds, organic molecules absorb light at any color in the visible spectrum, from red to blue. This phenomenon is exploited in Nature to give colors to bird feathers, flowers, fruit and vegetables. Examples are parrots, hibiscus, oranges or carrots. Each color corresponds to a different size of the conjugated segment, and sometimes subtle chemical differences justify a visible shift in color (such as the orange in carrots due to beta-carotene or the red in tomatoes due to lycopene, both of which characterized by 11 double bonds in the conjugated chains). In the human eye the chromophore molecule necessary for both scotopic and photopic vision is retinal, one of the three different forms of Vitamin A, similar to carotenoids. 11-*cis* retinal binds to different opsin proteins forming the rhodopsin, found in rods, and the three different iodopsins, found in cones S (sensitive at the shortest wavelengths of the visible spectrum), M (medium wavelengths, in the green) and L (longer wavelengths, in the red). In Nature, similar molecules thus generate colors and are, at the same time, used for color detection. We will see below how organic technology can artificially reproduce those molecules for similar purposes.

Conjugated carbon atoms can be artificially assembled, by chemical synthesis. In a long chain of variable size, they constitute a polymer semiconductor. The progenitor of the family, now comprising thousands of different chemical structures, was polyacetylene (CH_x), and it was synthesized twice by mistake. It first appeared, in 1958, in the labs of Giulio Natta at Politecnico di Milano. In order to synthesize acetylene, a student used far too much catalyzer. The result was an insoluble, infusible and intractable black powder. It is not known what happened to the student, but certainly Natta did not appreciate the outcome. The story repeated in 1977, in Japan, in the laboratory of Hideki Shirakawa, but with a completely different twist. This time doping of the “insoluble, infusible and intractable powder” led to high electrical conductivity, opening a new research field and a wealth of technological applications, as acknowledged by the Nobel Prize in Chemistry, in 2000. Conjugated molecules and polymers are now extensively used in optoelectronic components such as OLEDs (Organic Light Emitting Diodes) for consumer electronics, like in smart phones and TVs. Other promising applications, not yet on the market, are photovoltaic conversion, photodetection and printed

electronics, just to list some. In particular, we focus here on organic photodetectors: devices able to detect light and to provide a correspondent electrical output signal. The spectral sensitivity can cover large part of the visible spectrum or can be selectively tuned to specific wavelengths, in the region from UV to the near infrared. The processability at low temperatures over large areas and on virtually every substrate makes it possible to target innovative applications and to realize original optoelectronic systems such as: large-area imagers and scanners, either flat or conformable to curved surfaces, for visible light or X-ray detection in biomedical applications; all-organic, short-range optoelectronic plastic-fiber-based transceivers; position-sensitive detectors; integrated sensors for Lab-on-a-chip. While traditionally representing a niche in organic electronics, it is indeed clear that organic light sensors have advantages that make them suitable for adoption in practical applications.

2 Organic artificial vision

Based on the technological potential of organic materials in photodetection, and on what we said before about bio mimicking, our first idea was to reproduce the light sensitivity of cone photoreceptors in an artificial set of photodiodes. After some screening and trials, in 2007 we came out with a set of three photodiodes based on three distinct organic semiconductors, representing the first “human-like” three-chromatic system for color vision. Indeed, we were able to reproduce quite accurately the spectral responsivities of the natural photoreceptors. The overlap between artificial and natural light sensitivity was good enough to allow for quantitatively measuring the color of standard objects in a direct way, without making use of colored filters (like in any digital camera) or post-processing color correction algorithms. Colorimetry is an extremely broad field, with impact on industry (for instance, for measuring and reproducing the color of manufactures like tiles, tissues, paints, ink, mechanical parts, etc.), on cultural heritage preservation (non-invasive monitoring and restoring of paintings, mosaics, frescoes, etc.), on biomedical field (e.g., artificial teeth), and even on psychology (theory of color perception). Practical application of the realized bio-inspired, organic color sensor device, offering a human-like color perception, was indeed possible, but we looked toward a different direction.

Another extremely attractive application of organic semiconductors is solar energy conversion into electrical energy, or photovoltaics. In photovoltaics, light is absorbed by the active layer in the device and a voltage across the device develops. When embedded into an electrical circuit, the photo voltage generates current, and thus power, across a load (working resistance) (fig. 1). While there are not yet many products on the market, prototypes have been developed

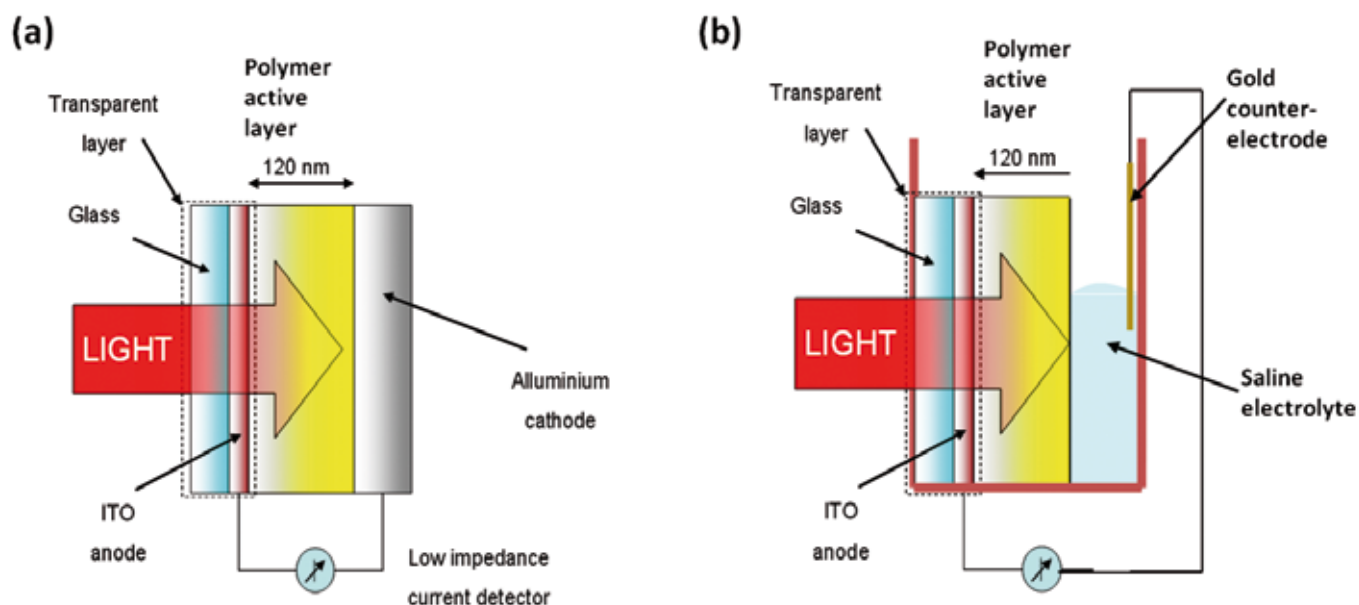


Fig. 1 (a) Standard configuration and operational principle of a bulk heterojunction organic photovoltaic cell. The electron donor, poly(3-hexylthiophene) (P3HT), and acceptor, phenyl-C61-butyric-acid-methyl ester (PCBM), materials in the blend are positioned between the indium tin oxide (ITO) anode and aluminum oxide cathode of the device. Photoexcitation of the material occurs through a four-step mechanism: 1) after passing through the transparent anode, an incident photon is absorbed by P3HT causing exciton generation; 2) the exciton migrates to the interface of the bulk heterojunction; 3) here, it dissociates due to interfacial charge transfer into a pair of free carriers consisting of a hole in the polymer (P3HT) and an electron in the fullerene (PCBM); 4) carriers migrate to the electrode, passing charge to external circuit. (b) Hybrid solid/liquid device for coupling to live cells, to be cultured directly on top of the polymer surface. The device couples electronic charge generation and transport phenomena typical of the photovoltaic cell, with ionic phenomena occurring in the saline electrolyte.

and an intense industrial effort exists towards massive production of organic solar cells. Main advantages here are: production cost, processability and integrability. Technology required to build organic solar cell is cheap: not only the required investment to set up a production plant would be small, but also the energy pay-back time is considerably shorter than for Si (few months vs. few years). Regarding fabrication, many steps are in solution and at room temperature. Organic solar cells can be built on many substrates, including flexible ones; devices are light in weight, conformable in shape and colored. This provides one of the prominent assets, the opportunity to integrate solar cells in plastic foils, tissues, clothes, bags, windows, buildings, curved surfaces, etc.

The last frontier of organic polymers is at the interface with biological systems, for neuroscience applications and biomedical devices. This prompted us to first exploit the photovoltaic effect for eliciting the activity of living cells in contact with the polymer. Such a contact between the organic film and the cell culture however bears a much higher level of complexity as compared to the standard interfaces known in solid state physics; it is a hybrid interface where an ion-rich solution changes the chemical-physical-morphological properties of the polymer, electronic and ionic charge transport are correlated and mixed, interface phenomena play a major role in the energetics of the system, and other photo-induced effects, notably heating, might play a role (fig. 1).

3 Interfacing organic semiconductors with neurons

If an artificial set of devices can sense light as retina's photoreceptors do, it is straightforward to imagine an artificial retina based on such materials. However, its realization poses a number of hard challenges. First, cells and biological molecules live in contact with ionic liquids, and indeed ionic transport across the cell membrane is one of the most important phenomena in physiology. Second, interfacing artificial with live systems is one of the biggest challenges that science and technology are facing in this century. However, in the case of semiconducting polymers, there is reason to be optimistic, as they exhibit several beneficial properties to interface with biological substrates. These materials have indeed been employed successfully for cellular interfaces like neural probes, biosensors and actuators for drug release.

Concerning the contact with the liquid environment, we immediately realized that the limiting component was represented by the metal electrode. The simple answer was to get rid of it. This does not impair the device functioning: the ionic solution is an excellent conductor and can effectively replace the metal cathode of the solar cell. The hybrid solid-liquid interface is complex. Charge transfer may occur between the two sides, leading to local fields and potential (similar to band bending in inorganic junctions). Ion adsorption, driven by a rather unpredictable chemical affinity, leads to the buildup of a surface charge. Ions in the solution dispose in space to screen the surface charge and potential, according to thermodynamics as described by Helmholtz, Gouy-Chapman and Stern. As a result of all these complex phenomena, the good news is that the hybrid device works: light induces a photocurrent.

Growing primary hippocampal neurons on top of a semiconducting polymer blend was the first experiment we did towards bio-organic interfacing (fig. 2). In order to do this, we verified the resistance of the polymer substrate to sterilization protocols and we facilitated cell adhesion by deposition of proper adhesion proteins layers. We choose a workhorse material in organic electronic, namely regio-regular poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl) (P3HT). This polymer is adopted in solar cells, especially in combination with the strongest acceptor known in organic chemistry: C60, aka fullerene. Fullerene is a tiny, actually nm-scale sphere composed of 60 carbon atoms, as the sixty edges of a soccer ball (20 exagons and 12 pentagons). From here the nickname buckyball, also reminiscent of the architect Buckminster Fuller who realized a dome in the shape of a giant half soccer ball. A photon absorbed by the polymer in the blend readily splits into positive and negative charges, and this boosts the photovoltaic process. The photovoltaic device that we actually used consisted of P3HT, functioning as the electron donor, and phenyl-C61-butyric-acid-methyl ester (PCBM) acting as the electron acceptor, deposited on a transparent Indium-Tin Oxide (ITO) electrode. PCBM is a functionalized C60 molecule, with chemically bounded pendants that provide solubility and improve processability. Cell growth requires days or weeks, during which the substrate is in contact with the culturing medium. The performance of the material, once completely submerged in a biological-like solution was tested upon time. Measurements of photocurrent at fixed time points were carried out; a platinum electrode in the liquid was used to close the electrical circuit with the ITO on the back of the polymer, in a two-electrode configuration. Photocurrent could be detected for more than one month, enough to study neurons. On the neuron side, our experiments showed that the growing pattern, neuronal adhesion, cell viability and mortality were comparable between neuronal cultures grown on the photovoltaic device and on control substrates. Moreover, the examination of the physiological properties of cultured neurons by means of patch-clamp and microelectrode arrays, did not reveal any significant difference between the two culture conditions as far as the resting membrane potential, the frequency and amplitude of spontaneous excitatory postsynaptic currents or the spontaneous firing rate are concerned. These results demonstrate that the organic polymer, on which neurons were cultured, is highly biocompatible and neuron friendly.

Coupling light with the living cell was the next, crucial step. First, let us remind the starting notion: neurons are fully transparent to visible light (approximately the wavelength

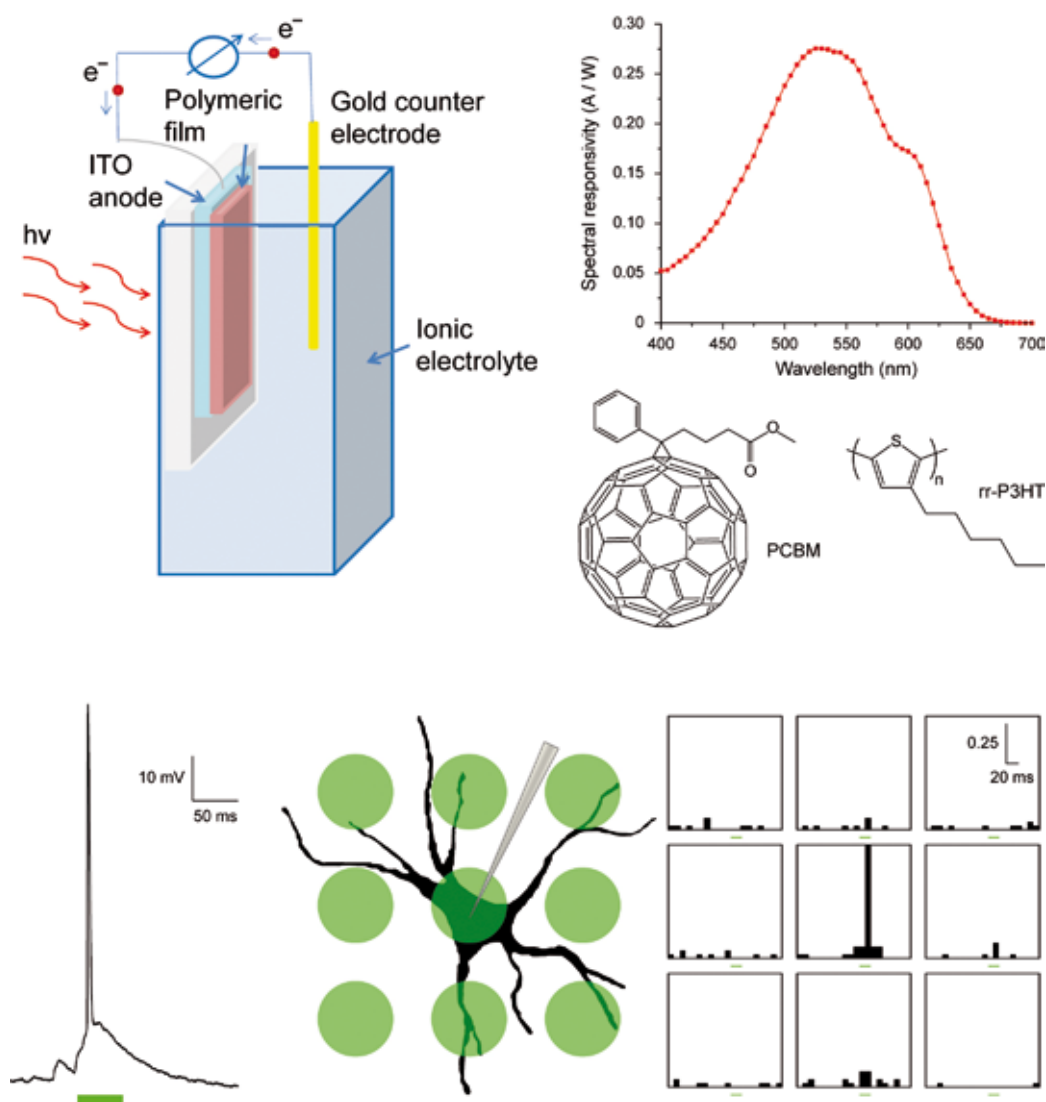


Fig. 2 (Top) Scheme of the hybrid solid-liquid cell for modulated photocurrent spectroscopy with the spectral response recorded. Chemical structures of regioregular poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl) (rr-P3HT) and phenyl-C61-butyric-acid-methyl ester (PCBM). (Bottom) Action-potential in response to a photostimulation of 50 ms, represented with the spatial properties of the interface. A grid of nine spots (diameter 20 μm , spacing 30 μm) was overlaid to a patched neuron and spikes obtained after photostimulation were counted and represented by the relative histogram.

window 400–800 nm). Actually so transparent that human and mammalian retinas are inverted, *i.e.* multiple layers of neurons (the circuitry) are *in front* of the photoreceptors. This means that, in the human retina, photons go through the neuronal network responsible for signal processing before being detected by cones or rods or be ultimately absorbed by the pigmented epithelium at the bottom of the eye. In a young eye, more than 90% of the light impinging on the cornea reaches the photoreceptor layers. Photoreceptors are thus the only photosensitive neurons of the retina, except for a very limited percentage (about 1%) of retinal ganglion cells that contain the poorly sensitive photopigment melanopsin.

To test whether the photovoltaic device was capable of manipulating neuronal activity, whole-cell patch clamp recordings were made on cultured neurons, illuminated by spatially restricted light stimuli. Application of a 50 ms pulse of light was successful in eliciting action

potential in neurons. By using stimulation train with 20 ms light pulses, neuronal spike trains could be elicited, with only a small percentage of failures up to a stimulation rate of 20 Hz. In these experiments, a close relation was found between the location of the stimulus relative to the cell soma and the action potential generation. Only when the stimulus was directly targeted to the soma did spike generation occur reliably, whereas the photostimulation was virtually ineffective when the stimulus was moved away tens of μm from the soma in any direction. From these experiments it can be inferred that the activity of neurons on the surface of a light sensitive polymer can be successfully manipulated with light and that, in spite of the continuous polymer layer, the photovoltaic effect is highly localized to the site of illumination. The later observation is of paramount importance for the application of this process to artificial vision, as it suggests that the system might have a space resolution only limited by light and/or the molecular structure.

We also recently reported that the working principle of cell photoactivation is not limited to primary neuronal networks. The possibility of modulating in a controlled way the whole-cell conductance in primary rat astrocytes by means of optical stimulation, properly mediated by the active polymer film, has been demonstrated.

Moreover, several conjugated polymers, sensitive to different regions of the visible light spectrum, have been demonstrated to work as active layers in direct contact with liquid electrolytes. Reported materials include thiophene derivatives (PCDTBT, P3OT, PCPDTBT), copolymers (F8BT), poly-phenylvinylenes (MEH-PPV, MDMO-PPV), as photoactive polymers, and various electron acceptors, including N2200 and PCBM.

The present approach is thus exquisitely general in its working principles, and it represents a new tool for neural active interfacing, as a simpler alternative to the existing and widely used neuron optogenetic photostimulation techniques, able to avoid potentially hazardous gene transfer protocols. The phenomenon of cell stimulation by polymer photo-excitation seems to naturally fit into artificial-vision application. In particular, the high spatial and temporal resolution of the photo-excitation, together with the good biocompatibility properties demonstrated for the organic semiconductors, open the way to the realization of a polymer-based artificial visual prosthesis. The goal here is to restore photosensitivity in retinas whose natural photoreceptors are damaged or lost.

4 Interfacing organic semiconductors with retina

In healthy retinas, light is transduced by photoreceptors into an electrical signal, which is subsequently further processed by retinal bipolar and ganglion cells. Processing of visual information occurs in a parallel fashion, meaning that specific features, like light decrements, increments, and stimulus direction are encoded in segregated retinal pathways. Retinal degenerative diseases, such as retinitis pigmentosa, are characterized by the progressive degeneration of rods, followed by the secondary degeneration of cones that first lose their photoreceptive outer segments and in more advanced stages eventually disappear. Beginning with the loss of night vision or other visual impairments, this progressive disease can ultimately lead to complete blindness.

Given the ability of organic polymers to modulate neuronal activity following light stimulation, this class of materials may find a suitable application in the restoration of vision in blindness due to retinal photoreceptors' degeneration. To test the feasibility of this approach, we examined whether the retina from an animal model of photoreceptor degeneration could be re-sensitized by interfacing it with a single-component organic film of P3HT (fig. 3). To this end, multi-unit activity of ganglion cells was recorded in explanted degenerated retinas with the organic device in a subretinal configuration, *i.e.* the polymer was positioned in the place of the degenerate photoreceptor layer, between the retinal pigment epithelium and the bipolar cell layer. We found that light-elicited spiking activity of ganglion cells in degenerate retinas

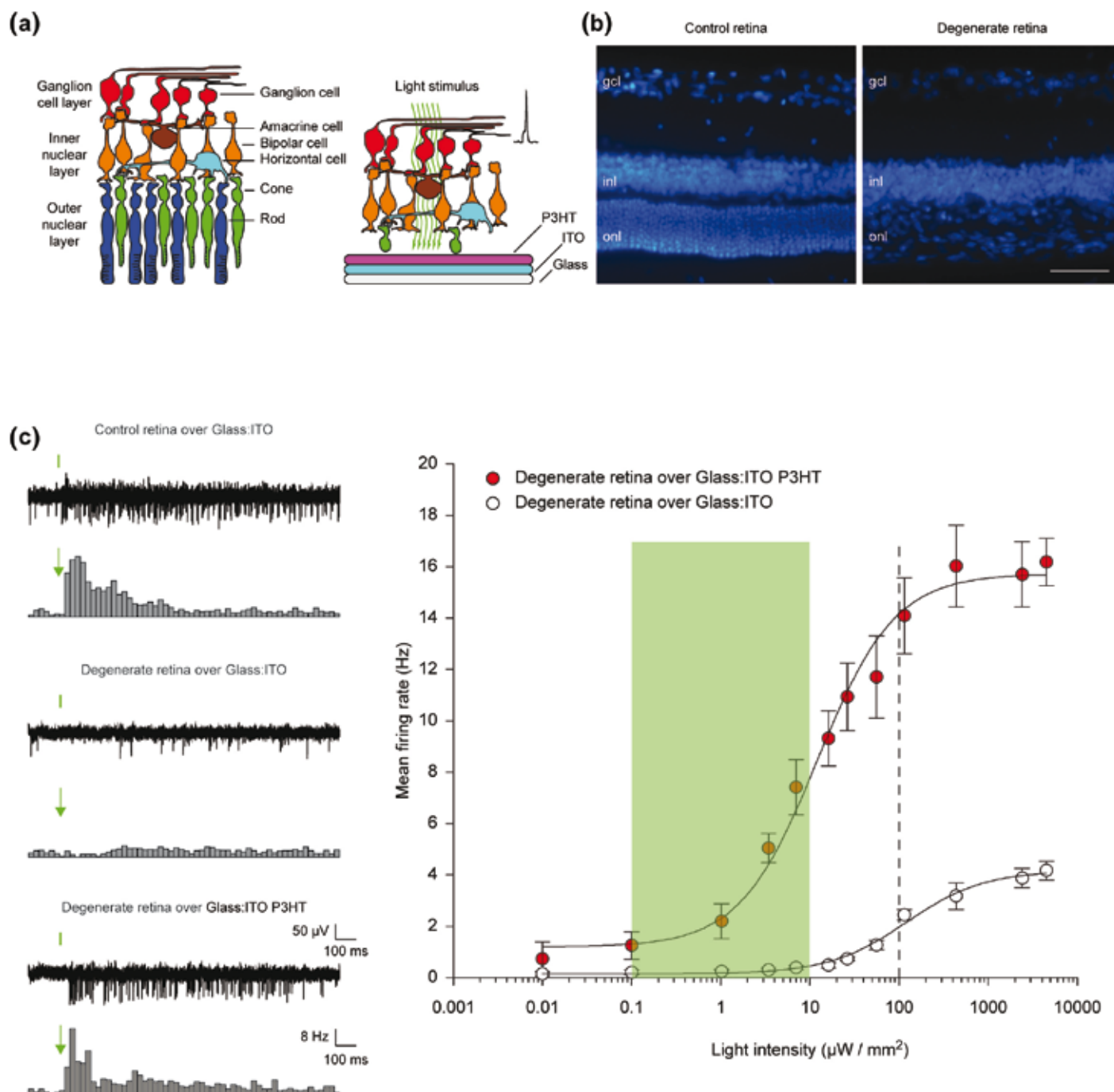


Fig. 3 (a) Schematic illustrations of the retinal structure (left) and the stimulation/recording interface for degenerate retinas (right). (b) Confocal images of latero-dorsal control (left) and degenerate (right) retinal sections labelled with the nuclear stain bisbenzimidazole (gcl, ganglion cell layer; inl, inner nuclear layer; onl, outer nuclear layer). Scale bar, 50 μm . (c) Electrical activity and post-stimulus time histogram recorded after light stimulation (10 ms, 4 mW/mm^2) of a control retina over a glass:ITO substrate (top), a degenerate retina over a glass:ITO substrate (middle) and a degenerate retina over a P3HT-coated glass:ITO substrate (bottom). Green bars/arrows represent the light stimulus. Right panel shows a dose-response analysis of the mean firing rate versus light intensity performed in degenerate retinas over P3HT-coated glass:ITO (red dots) or glass:ITO alone (white dots). The green rectangle represents the range of daylight illumination, while the dashed line represents the computed maximum permissible radiant power for chronic exposure of the retina.

on polymer was comparable with the one in control (light sensitive) retinas on glass. By contrast, at these intensities, light stimuli failed to elicit spiking activity in degenerated retinas on glass. **These findings suggest that photovoltaic polymeric devices are able to restore light sensitivity in degenerated retinas.** Presently, research is being conducted to further explore this possibility by subretinally implanting these devices in an animal model of genetic retinal degeneration, such as the Royal College of Surgeons rats bearing a mutation in the *Mertk* gene.

Several other approaches for optical stimulation of the neuronal activity have been previously proposed (fig. 4). Focusing more specifically on the treatment of degenerative diseases of the outer retina, different approaches are currently pursued, including regeneration of lost photoreceptors by transplantation of stem cells or photoreceptor precursors, gene therapy, optogenetic approaches, injection of photoswitchable molecules acting on ion channels and the use of metal/silicon-based prosthetics. The optogenetic approaches yielded promising results in animal models, but the expression of the exogenous genes remains limited in humans. Moreover, gene transfer is costly and involves several clinical risks. Metal/silicon-based retinal prosthetics are currently in the phase of clinical trial, with one model that recently gained FDA approval. Both the epiretinal Argus II device and the subretinal Alpha device have been demonstrated to be able to partially restore light sensitivity in blind patients. However, these devices do still need to overcome several important issues, like the need for external power supply, poor spatial resolution, and low biocompatibility that deteriorates the effect over time.

The significant progress made over the last 3 years in coupling semiconductors to biological tissue is readily evident from the studies described above. However, this newly emerging field must still overcome several challenges to further establish its position as a member of the “neuromodulatory toolkit”. The main challenges facing this application are the long-term durability of polymeric devices in a biological environment, and a more extensive investigation of the materials’ biocompatibility. With regards to their use in retinal prosthetics, conductive polymers may benefit from the developments of devices capable of multichromatic detection to more closely match the natural trichromatic vision of humans. Lastly, a possible exciting development may emerge if the device can be tuned to reverse the polarity of the generated charge, thereby allowing both photoexcitation and photoinhibition of nerve tissue.

The retina is an exquisitely tuned tissue, evolved to efficiently amplify incoming photons, pre-process stimulus information, and transmit the information to the brain for further processing. Interestingly, the polymer device shows a stimulation threshold of 0.3 mW/mm^2 , a 30-fold lower level than the ocular safety limit for continuous exposure to visible light, and at the low end of daytime levels of retinal irradiance experienced outdoors. However, the device may also be susceptible to degradation following long-term exposure to aqueous medium and to glial reactions by the live tissues. As such, the chemical engineering of encapsulation layers to protect the exposed polymer will be a high-priority challenge for the development of prosthesis based on organic polymers.

Maintaining the focus on the prosthesis application, future devices may benefit from the incorporation of multiple conductive polymers sensitive to different wavelengths of visible light, such as the primary colors. In such a device the polymers can be chemically tuned to have bandgaps matching the natural bandgap of the S, M and L types of photoreceptive cones found in the retina. A careful patterning of the different polymers, matching the distribution of cone subtypes, may open the possibility of stimulating the intact retinal layers in degenerate retinas with a more powerful trichromatic sensitivity. Color vision is however a complex phenomenon relying on dedicated pathways between color-sensitive cones, bipolar cells and ganglion cells at the fovea and on high-level processing of visual signals in the visual cortex. The high-level processing of visual signals allows carrying out three sets of

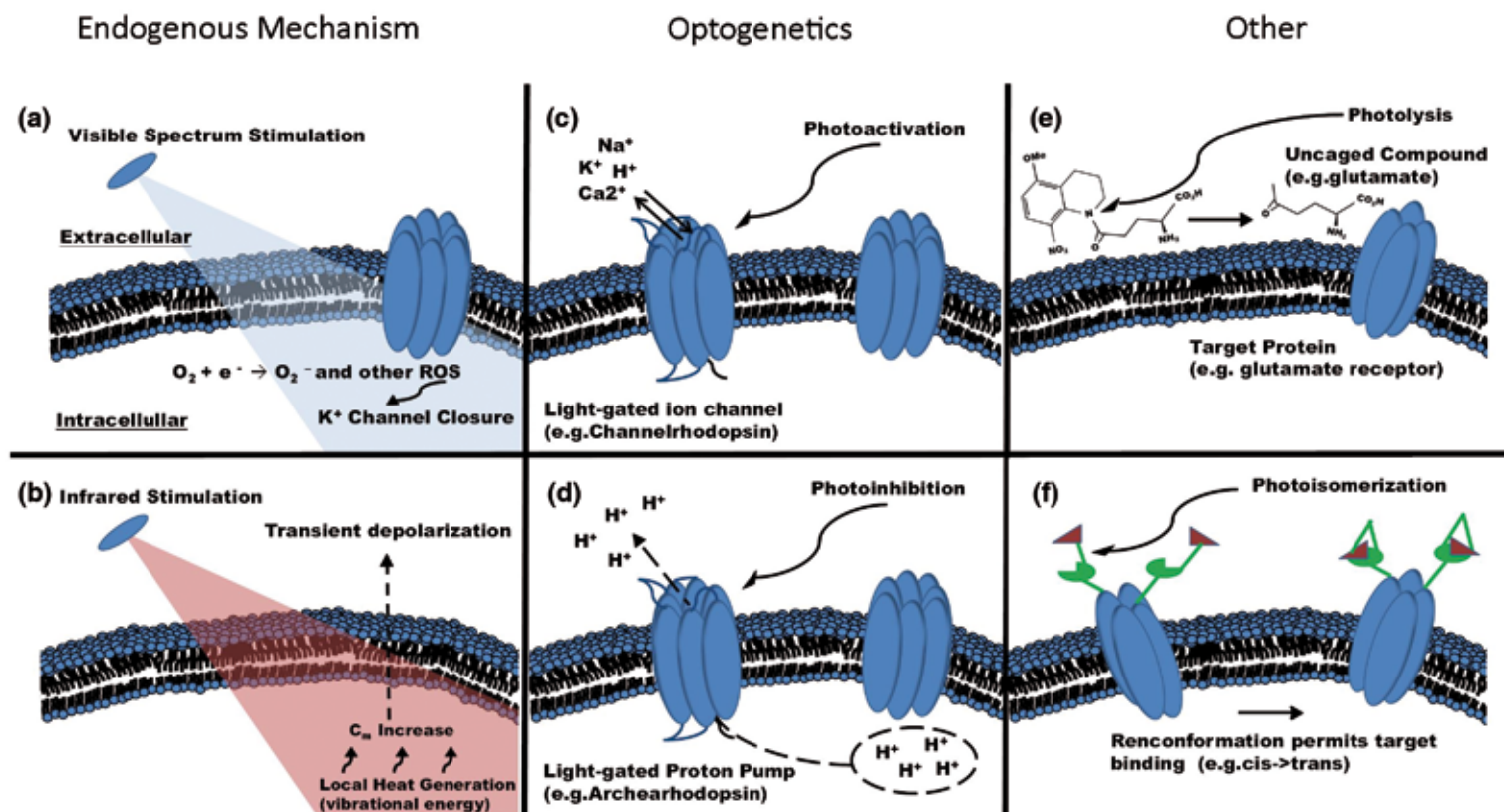


Fig. 4 Overview of various optical techniques and their working mechanisms for modulation of neuronal activity. (a) High-energy visible light stimulation generates reactive oxygen species (ROS), which in turn close ion potassium channels. (b) Infrared stimulation leads to local temperature increase, which modulates membrane capacitance (C_m). (c) Light stimulation induces a conformational change of a light-gated channel (e.g. channelrhodopsin) to its conductive state, which leads to a cell membrane depolarization. (d) Light stimulation induces a hyperpolarization of the cell membrane by activating a proton pump (e.g. bacteriorhodopsin). (e) Light stimulation uncages a compound by photolysis of a cleaved group. Once its active site is thus exposed, the compound can act on its target protein, e.g. a glutamate receptor. (f) A photoswitch can be used to present a ligand to a ligand-gated receptor. The conformational change induced by light stimulation results in binding of the ligand to the receptor.

discrimination: light from dark, yellow from blue, and red from green. Achieving a restoration of trichromatic sensitivity may thus require more than the proper engineering of the implant itself, such as the intervention of plasticity processes in the visual areas of the brain.

5 Conclusions

Techniques modulating neuronal activity are instrumental to unravel neuronal working mechanisms and treat diseases. Light-induced modulation of neuronal activity is the hallmark feature of a class of optical techniques, which offers several important advantages over others. During the past decade, this class has seen a great expansion in its repertoire, among which the application of optogenetics and molecular photoswitches.

The use of photovoltaic polymers can be a valuable addition to optical techniques aimed at modulating neuronal activity. The number of reports using this approach currently available remains very limited and further research is required to fully determine its applicability in

neuroscience research. Nevertheless, the experiments described in this chapter illustrate that it represents a straightforward way of photostimulating neurons with a high temporal and spatial resolution. In addition, their organic nature combined with the ability to conduct both electrons and ions makes these materials suitable to interact with biological tissue. On the other hand, this technique does not discriminate between neuronal types and at present it only provides excitatory regulation.

An obvious clinical relevance of photovoltaic polymers lies in the field of visual prosthetics. Organic polymers can act as artificial photoreceptors to restore vision in degenerated retinas and might be an attractive alternative for existing metal/silicon-based retinal implants. The main benefits of organic polymers in this application are their intrinsic sensitivity to visible light, biocompatibility, spatial selectivity, functioning in photovoltaic mode, reduced impact of reduction/oxidation processes, and low costs. Future research must establish whether this implementation will be successful for rescuing vision in patients affected by photoreceptor degeneration.

Further readings

- J. Clark, G. Lanzani, "Organic photonics for communications", *Nat. Photon.*, 4 (2010) 438.
- D. Ghezzi, M. R. Antognazza, M. Dal Maschio, E. Lanzarini, F. Benfenati and G. Lanzani, "A hybrid bioorganic interface for neuronal photoactivation", *Nat. Commun.*, 2, no. 1 (2011) 166.
- D. Ghezzi, M. R. Antognazza, R. Maccarone, S. Bellani, E. Lanzarini, N. Martino, M. Mete, G. Pertile, S. Bisti, G. Lanzani, F. Benfenati, "A polymer optoelectronic interface restores light sensitivity in blind rat retinas", *Nat. Photon.*, 7 (2013) 400.

Maria Rosa Antognazza

Maria Rosa Antognazza graduated in Physics at University of Milan and received the PhD in Physics from Politecnico di Milano. She is now Researcher at the Center for Nano Science and Technology of IIT di Milano. Her main research interests concern optical spectroscopy and electro-optical characterization of organic devices for biological applications, with special focus on artificial retinal prosthesis.

Fabio Benfenati

Fabio Benfenati is the Director of the Department for Neuroscience and Brain Technology at the Italian Institute of Technology in Genoa, and Full Professor of Physiology at the University of Genova. His scientific background is in cellular neurophysiology; he is an internationally acknowledged expert in the molecular mechanisms of synaptic communication and the problem of how neurons can change synaptic strength to adapt to diverse environmental situations.

Diego Ghezzi

Diego Ghezzi graduated in Biomedical Engineering in 2004 and obtained the PhD in Bioengineering in 2008. Currently, he has a researcher position at Istituto Italiano di Tecnologia (Genoa, Italy). His research activity regards bionics, brain technologies and physiology.

Guglielmo Lanzani

Guglielmo Lanzani is head of the Center for Nano Science and Technology of the Italian Institute of Technology, and Full Professor of Physics at Politecnico di Milano. His research regards the science and technology of molecular semiconductors and nanostructures, for energy, communication and life enhancing technologies.

GALILEI, IL LIUTO, L'INFERNO DI DANTE E LA LUNA

CLAUDIO PELLEGRINI

Dipartimento di Fisica e Astronomia

Università di California, Los Angeles, CA, USA

La rivoluzione che Galileo Galilei introdusse nello studio dei fenomeni naturali, che ha condotto alla rivoluzione scientifica e più tardi a quella industriale, fu fortemente influenzata e dipese direttamente dall'ambiente culturale Fiorentino in cui lui crebbe e fu educato, in particolare dalla sua familiarità con la musica, la letteratura, e le arti visive. In questo articolo, dedicato al 450mo anniversario della sua nascita, cercheremo di far vedere come la musica – il liuto –, la letteratura – l'inferno di Dante – e la pittura – la raffigurazione della luna – ebbero un ruolo chiave nel suo lavoro scientifico e quindi nelle sue scoperte.

In un suo articolo, "Galileo as a critic of the arts: Aesthetic Attitude and Scientific Thought", l'influente storico dell'arte Erwin Panofsky scrive: "The great Physicist and astronomer had grown up in an environment humanistic and artistic rather than scientific. The son of a famous musician and theorist of music he had received an excellent musical and literary education. He knew most Latin classics by heart. He not only wrote poetry himself [...] but also devoted many months or even years to the annotation of Ariosto" [1]. Panofsky sottolinea l'importanza della cultura fiorentina del XVI e XVII secolo nella attività di studio e ricerca di Galileo, e come la sua formazione intellettuale in questo ambiente abbia contribuito in modo importante alle sue scoperte e innovazioni, scientifiche e filosofiche.

1 Breve biografia

Galileo Galilei nacque a Pisa il 9 febbraio 1564, in una famiglia di antica nobiltà ma povera. Suo padre, Vincenzo (o, come si scrive oggi, Vincenzo), era un musicista. La madre era Giulia degli Ammannati. Galilei nacque una settimana dopo la morte di Michelangelo e sembra riceverne in eredità lo spirito e la guida della cultura fiorentina. Quest'anno celebriamo il 450mo anniversario della sua nascita, e l'inizio di una storia che porta alla fondazione della scienza moderna, che ha cambiato per sempre la vita umana.

Alcune informazioni sull'educazione scolastica del giovane Galilei vengono dal suo primo biografo, Vincenzo Viviani (1622-1703), suo discepolo e assistente dal 1639 fino alla sua morte nel 1642. Viviani lavorò dal 1655 al 1656 alla prima edizione completa dell'opera di Galilei, che però non comprendeva il "Dialogo dei Massimi Sistemi" perché all'Indice e quindi proibito [2]. La biografia fu scritta per esser inclusa in questa edizione delle opere, ma non vi apparve e fu pubblicata solamente più tardi nel 1717 [3].

Sull'educazione di Galilei Viviani scrive: "Passò alcuni anni della sua gioventù nelli studii d'umanità appresso un maestro in Firenze di vulgar fama, non potendo 'l padre suo, aggravato da numerosa famiglia e costituito in assai scarsa fortuna, dargli comodità



migliori, com'averebbe voluto, [...] Ma il giovane, conoscendo la tenuità del suo stato e volendosi pur sollevare, si propose di supplire alla povertà della sua sorte con la propria assiduità nelli studii; che perciò dandosi alla lettura delli autori latini di prima classe, giunse da per se stesso a quell'erudizione nelle lettere umane, della quale si mostrò poi in ogni privato congresso, ne' circoli e nell'accademie, riccamente adornato, [...]”.

L'educazione di Galilei non si limitò alla letteratura e ai classici latini, la musica fu una parte importante della sua formazione. Suo padre Vincenzo era un musicista importante, ben conosciuto nelle comunità della musica e degli intellettuali fiorentini e italiani. Sull'educazione musicale di Galilei Viviani dice: “tra tanto i suoi più grati trattenimenti nella musica pratica e nel toccar li tasti e il leuto, nel quale, con l'esempio et insegnamento del padre suo, pervenne a tanta eccellenza, che più volte trovossi a gareggiare co' primi professori di que' tempi in Firenze et in Pisa, essendo in tale strumento ricchissimo d'invenzione, [...]”.

2 Il liuto

Il padre di Galilei, Vincenzo Galilei (1520-1591), fu un protagonista della rivoluzione musicale che portò dalla musica polifonica del rinascimento alla monodia e alla musica barocca. Era un suonatore di liuto, compositore e, principalmente, un teorico della musica. Fu un membro importante della Camerata Fiorentina, un gruppo di musicisti e intellettuali guidati e aiutati da Giovanni de' Bardi. Vincenzo propose nel suo libro più importante, “Dialogo della Musica Antica et della Moderna” [4], un programma di rinnovamento musicale che desse più attenzione alle parole e ai sentimenti espressi. Per “Musica Antica” lui, e gli altri membri della Camerata, intendevano quella che, nella loro opinione, fosse fatta nel teatro classico greco, recitare le tragedie col canto. La nuova musica doveva anche sfuggire alle stringenti regole armoniche che a quel tempo dominavano il mondo musicale e limitavano compositori ed esecutori.

Per portare avanti questo programma Vincenzo Galilei sosteneva che era necessario abbandonare la musica polifonica, che rendeva difficilissima la comprensione delle parole e oscuro il loro significato, in favore della musica monodica, una linea vocale accompagnata da un'armonia semplice, che esprimesse i sentimenti con il ritmo e l'intonazione delle parole. Questo programma d'innovazione rivoluzionò il mondo musicale, portò alla fine della musica polifonica e alla creazione dell'opera, una nuova forma che combinava musica e teatro. La prima opera, sfortunatamente perduta, fu “Euridice” di Peri e Rinuccini, eseguita alle nozze di Maria De' Medici con Enrico IV re di Francia nel 1600.

Vincenzo contribuì anche allo sviluppo dell'acustica. Per la prima volta in tempi moderni misurò sperimentalmente, usando l'evidenza dei suoi sensi, come cambia la frequenza di una corda tesa quando si cambiano la sua lunghezza o la tensione applicata mediante un peso. L'esperimento fu in parte una ripetizione di una simile misura attribuita tradizionalmente a Pitagora [5], che era stato il primo a stabilire che si può alzare di una ottava una nota generata da una corda riducendo la sua lunghezza a metà. Vincenzo andò oltre, misurando e stabilendo anche che la frequenza di vibrazione della corda cambia secondo la radice quadrata della tensione applicata.

Questo risultato è il primo esempio di un fenomeno non lineare nella storia della fisica. Ma ancora più importante fu che per capire un fenomeno naturale, come la frequenza di vibrazione di una corda tesa e quindi il suono che genera, Vincenzo non si appellò all'autorità degli antichi filosofi, come si era ancora soliti fare a quei tempi, ma studiò e risolse il problema misurando e osservando con i suoi sensi, un

modo nuovo e rivoluzionario di studiare la natura.

Il figlio di Vincenzo, Galileo aveva lasciato l'università di Pisa nel 1585, senza aver ottenuto una laurea, ed era tornato a vivere nella casa del padre a Firenze. Per contribuire al mantenimento suo e della famiglia dava lezioni di matematica, e continuava i suoi studi di questa materia. Quando Vincenzo fece i suoi esperimenti sulla frequenza di vibrazione delle corde, il figlio viveva con lui, forse l'aiutò a eseguire le misure, e fu così introdotto all'uso del metodo sperimentale per lo studio dei fenomeni naturali.

La musica influenzò fortemente il modo in cui Galileo si apprestava a rivoluzionare la fisica. Come Vincenzo aveva capito che una rigida teoria musicale basata sulla tradizione impediva lo sviluppo di nuove forme musicali e aveva combattuto per superarla, così il figlio capì che l'autorità Aristotelica limitava, e, di fatto, impediva, lo studio della natura. Molti storici della scienza, fra cui Stillman Drake [6], riconoscono l'importanza avuta da Vincenzo nell'indirizzare il figlio verso l'uso del metodo sperimentale, che Galileo applicò poi con enorme successo, e dell'analisi matematica dei dati.

Questi esperimenti di acustica sono descritti da Galilei nella prima giornata dei "Discorsi su Due Nuove Scienze" [7], il libro che è sicuramente il suo più importante contributo alla scienza, e viene riconosciuto come il fondamento della nascita della scienza moderna: "[...] a render la ragione del meraviglioso problema della corda della cetera o del cimbalo, che muove e fa realmente sonare quella non solo che all'unisono gli è concorde, ma anco all'ottava e alla quinta. Toccata, la corda comincia e continua le sue vibrazioni per tutto il tempo che si sente durar la sua risonanza: queste vibrazioni fanno vibrare e tremare l'aria che gli è appresso, i cui tremori e increspamenti si distendono per grande spazio [...]". Poi continua: "Tre sono le maniere con le quali noi possiamo inacutire il tuono a una corda: l'una è scorciarla; l'altra, il tenderla più o vogliam dire tirarla; il terzo è l'assottigliarla. Ritenendo la medesima tiratezza e grossezza della corda, se vorremo sentire l'ottava, bisogna scorciarla la metà, cioè toccarla tutta e poi mezza: ma se, ritenendo la medesima lunghezza e grossezza, vorremmo farla montare all'ottava col tirarla più, non basta tirarla il doppio più, ma ci bisogna il quadruplo, sì che se prima era tirata dal peso di una libbra, converrà attaccarvene quattro per inacutirla all'ottava: e finalmente se, stante la medesima lunghezza e tiratezza, vorremmo una corda che, per essere più sottile, renda l'ottava, sarà necessario che ritenga solo la quarta parte della grossezza dell'altra più grave [...]".

Oggi chiameremmo queste le leggi di scala della frequenza di vibrazione di una corda rispetto alla sua lunghezza, tensione e densità di massa. L'invenzione delle leggi di scala, che nello stesso libro Galilei discute in dettaglio anche per il caso di travi sottoposti a sforzi, è uno dei suoi grandi contributi alla fisica, e ha fornito a tutti noi un metodo di ricerca ancora oggi comunemente usato. Nello stesso libro queste leggi vengono anche applicate alle dimensioni degli animali e degli alberi, ponendo dei limiti alla loro grandezza, forse il primo esempio della storia di uno studio di biofisica.

3 Galilei e l'inferno di Dante

Nel 1588, all'età di ventiquattro anni, Galilei fu invitato all'Accademia Fiorentina, un'importante istituzione culturale fondata dai Medici, a fare due lezioni sulla geografia, la geometria e l'architettura dell'inferno di Dante.

Durante il periodo in cui visse con la sua famiglia a Firenze, dopo aver lasciato l'Università di Pisa, Galilei aveva dimostrato alcuni nuovi teoremi sul centro di gravità e li aveva mandati a diversi matematici, fra cui Guidobaldo del Monte,



Fig. 1 L'inferno nella ricostruzione di Antonio Manetti.



Fig. 2 I cerchi e i peccatori secondo Antonio Manetti.

Figure 1 e 2 sono riprodotte da "Dialogo di Antonio Manetti, cittadino fiorentino, circa al sito, forma et misure dello Inferno di Dante Alighieri poeta eccellentissimo", cc.H2v-P3v, in Dante Alighieri, *Commedia di Dante* [9], Firenze BNC, Palat. Nenc. CD73, c. O4r (sito inferno), O5r (forma inferno). Per gentile concessione del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo/ Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze. Ogni riproduzione è vietata.

ispettore alle fortificazioni del Granduca di Toscana. La sua speranza era di avere una nomina come insegnante a Pisa. Il marchese del Monte fu impressionato dall'abilità del giovane Galilei e riuscì, con l'aiuto di un fratello Cardinale, a farlo invitare a dare due lezioni sull'inferno nella "Divina Commedia" di Dante [8].

L'invito era un grande onore per un giovane matematico. In termini odierni, sarebbe equivalente ad un invito a fare un seminario in un'università dove un giovane ricercatore vorrebbe essere assunto come professore. Le lezioni ebbero un grande successo ed, in effetti, dopo alcuni mesi, Galilei divenne professore di matematica a Pisa.

I dibattiti su Dante e i suoi poemi erano, e sono tuttora, a Firenze una passione culturale-popolare. Ancora di recente Roberto Benigni ha letto e commentato in piazza a Firenze la "Divina Commedia" con grande partecipazione e interesse dei fiorentini. Galilei aveva il compito di difendere la visione, largamente accettata a Firenze, della struttura geometrica e architettonica dell'inferno sviluppata dall'umanista fiorentino Antonio Manetti [9], sulla base di alcune elementi forniti da Dante nella Commedia.

L'architettura dell'inferno dantesco è una struttura conica, centrata nel centro della Terra, che taglia una sezione sferica sulla superficie terrestre, con Gerusalemme al centro e il cerchio esterno passante per Napoli, come si vede dalla fig. 1. La struttura è costruita con una serie di nove cerchi, fig. 2, di diametro decrescente, ognuno occupato da una categoria di peccatori. Al vertice del cono, vicino al centro della terra, è il pozzo dei traditori, fig. 3, dove si trovano Satana, Bruto, Cassio e Giuda. L'ombelico di Satana è posto esattamente al centro della terra, che, nella visione dell'epoca, era anche il centro dell'Universo. Nell'inferno Dante dà delle informazioni sulle dimensioni di Satana, riferite a quelle di un gigante, e dà anche le dimensioni del gigante Nimrod, incatenato da Dante alla periferia del cerchio dei traditori, rispetto a quelle di una scultura, il Pignone, che si trova a Roma nel Vaticano.

Con queste informazioni Manetti ricostruì la struttura e geometria dell'inferno, come si può vedere nelle fig. 1 e 2. Secondo alcuni studiosi, per Manetti, che fu il biografo di Brunelleschi, la cupola della cattedrale di Firenze è come l'inferno di Dante, ma rovesciata, con il vertice verso il cielo.

La ricostruzione dell'inferno di Manetti era stata attaccata da un altro umanista, Alessandro Vellutello, un rivale dalla vicina città di Lucca, che aveva descritto l'architettura dell'inferno in una prefazione a una edizione di Dante del 1544 [10]. L'umanista lucchese aveva calcolato lo spessore della superficie che chiude l'inferno, su cui poggiano Gerusalemme e altre città, e da quello aveva concluso che era insufficiente per sostenersi e sarebbe miseramente crollato sotto il suo peso. Per evitare il problema aveva ricalcolato le dimensioni dell'inferno facendolo molto più piccolo di quello di Manetti.

Per difendere Manetti contro l'attacco del rivale, Galilei fece una dettagliata ricostruzione della geometria dell'inferno, confutando Vellutello punto per punto e poi concludendo: "E questa è l'invenzione che tanto è piaciuta ad esso Vellutello, che l'ha fatto ridere del Manetti, e insieme di tutta l'Accademia Fiorentina, affermando che l'inferno di Manetti esser più tosto una fantasia [...]" [8], una affermazione che sarà certamente molto piaciuta ai suoi ascoltatori fiorentini.

Ma il suo argomento principale contro l'opinione di Vellutello, che la superficie terrestre che copre l'inferno è troppo sottile e quindi crollerebbe, si basa su un modello in scala ridotta: "Al che facilmente si risponde che tal grossezza è sufficientissima, perciò che presa una volta piccola fabricata con quella ragione si arà di arco 30 braccia, gli rimarranno per la grossezza braccia 4 in circa, la quale non solo è bastante, ma quando a 30 braccia di arco se gli desse un sol braccio, e forse $\frac{1}{2}$ non che 4, basteria a sostenersi; onde sapendo noi che pochissime miglia, anzi che meno di un sol miglio si profondano i mari, se creder doviamo ai più periti marinari, e potendo assegnare queste miglia, ci pare, per le grotte degli sciagurati, non essendogli data dal Poeta determinata misura, quando ancora ponessimo tra questa e la profondità dei mari importare 100 miglia, nulladimeno rimarrà detta volta grossissima, e più assai che non è necessaria per sostenersi" [8].

Sfortunatamente nel suo argomento Galilei estrapola linearmente il risultato valido per una struttura con arco di trenta braccia a una enormemente più grande, assumendo che se si passa da una struttura di trenta braccia ad una mille volte più grande, è sufficiente, per evitare il crollo, aumentare anche lo spessore di mille volte. Non considera che possa essere necessario, per le proprietà della resistenza dei materiali, aumentarlo molto di più, come dimostrerà più tardi nel suo ultimo e più importante libro, il "Discorso sulle Due Nuove Scienze".

Perché ha commesso questo errore e perché ha aspettato quasi cinquant'anni per discutere la resistenza dei materiali nelle "Due Nuove Scienze"? In realtà dal 1588 in poi Galilei ha sicuramente continuato a pensare al problema e, infatti, ne annuncia la soluzione in una lettera ad Antonio de' Medici del 1609: "Et pure ultimamente ho finito di ritrovare tutte le conclusioni, con le sue dimostrazioni, attenenti alle forze et resistenze dei legni di diverse lunghezze, grossezze, et figure; e quanto sian più debili nel mezzo che negli estremi; et quanto maggior peso sosterranno, se quello sarà distribuito per tutto il legno, che in un sol luogo, et quale figura doveria avere, acciò fusse per tutto ugualmente gagliardo: la qual scienza è molto necessaria nel fabbricare macchine ed ogni sorta di edificio, ne' vi è alcuno che ne abbia trattato" [7].

Mark Peterson, fisico e studioso di Galilei [11], sostiene che l'impulso a studiare e risolvere il problema, come scritto ad Antonio de' Medici, venne dalle lezioni su Dante e l'inferno. Anche se Galilei doveva difendere Manetti, il suo argomento, basato su un piccolo modello estrapolato linearmente, non lo lasciò soddisfatto, ma anzi lo spinse a studiare e poi risolvere il problema. Le importanti leggi di scala e il primo studio delle proprietà dei materiali, che dobbiamo a Galilei, e che sono tuttora una parte importante della nostra attività scientifica, le dobbiamo all'inferno di Dante, a Manetti, Vellutello e alla passione dei fiorentini per la letteratura e la poesia.



Fig. 3 Lucifero al centro della terra. Incisione di Cornelis Galle per la Divina Commedia di Dante Alighieri, tratta da un disegno di Ludovico Cigoli (1595). *L'editore rimane a disposizione degli aventi diritto per eventuali involontarie omissioni o inesattezze nella citazione della fonte, alla quale non è stato possibile risalire con precisione.*

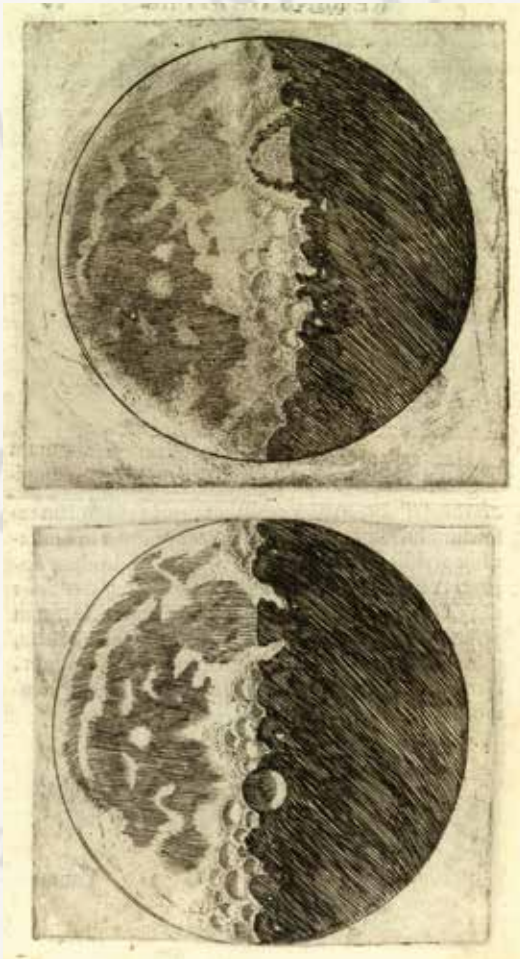


Fig. 4 La luna in un disegno di Galileo Galilei dal "Sidereus Nuncius", Venetjjs: apud Thomas Baglionum, 1610, Firenze, BNC, postillati 110, f. 10v.

4 La Luna: Galilei e l'arte della pittura

Nella sua biografia Viviani scrive della conoscenza e dell'amore di Galilei per l'arte della pittura: "Trattenevasi ancora con gran diletto e con mirabil profitto nel disegnare; in che ebbe così gran genio e talento, ch'egli medesimo poi dir solea agl'amici, che se in quell'età fosse stato in poter suo l'eleggersi professione, avrebbe assolutamente fatto elezione della pittura. Ed in vero fu di poi in lui così naturale e propria l'inclinazione al disegno, et acquistovvi col tempo tale esquisitezza di gusto, che l'giudizio ch'ei dava delle pitture e disegni veniva preferito a quello de' primi professori da' professori medesimi, come dal Cigoli, dal Bronzino, dal Passignano e dall'Empoli, e da altri famosi pittori de' suoi tempi, amicissimi suoi, i quali bene spesso lo richiedevano del parer suo nell'ordinazione dell'istorie, nella disposizione delle figure, nelle prospettive, nel colorito et in ogn'altra parte concorrente alla perfezione della pittura, [...]".

La profonda conoscenza che Galilei aveva dell'arte della pittura, prospettive ed ombre fu di grande importanza per le sue osservazioni astronomiche. Nel 1610 Galilei pubblicò il "Sidereus Nuncius" [12], un libro di sessanta pagine, con bei disegni fatti personalmente da lui per aiutare a spiegare le sue osservazioni telescopiche, in cui annunciava e descriveva le sue nuove scoperte sulla Luna, la Via Lattea, i pianeti di Giove, scoperte che cambiarono per sempre l'astronomia e la nostra visione dell'Universo. Il "Sidereus Nuncius" è il lavoro scientifico che annuncia più scoperte fondamentali per pagina di ogni altro libro o articolo mai pubblicato, scritto con grande chiarezza, e illustrato dall'autore con disegni, che mostrano chiaramente la sua familiarità con la rappresentazione di luci ed ombre.

Uno di questi è il disegno della luna che possiamo vedere nella [fig. 4](#).

La figura gli serviva per descrivere quello che aveva visto usando il telescopio: "Ma poi non solo i confini fra le tenebre e la luce si vedono nella Luna ineguali e sinuosi, ma, ciò che induce maggior meraviglia, nella parte tenebrosa della Luna appaiono moltissime punte lucenti, totalmente divise e staccate dalla regione illuminata, e da essa non di breve intervalli distanti; le quali a poco a poco, trascorso un certo tempo, aumentano di grandezza e di luce, [...] [13].

E ancora: "Questa superficie lunare, là dove è segnata di macchie come coda di pavone sparsa d'occhi cerulei, appare somigliante a quei vasetti di vetro, che immersi ancor caldi in acqua fredda, acquistano una superficie screpolata e ondosu, per cui dal volgo son chiamati bicchieri di ghiaccio....". "Che dunque la superficie della Luna sia d'ogni parte cosparsa di sporgenze e lacune, credo sia stato abbastanza dimostrato dalle già spiegate apparenze; resta che si parli delle loro dimensioni, dimostrando che le asperità terrestri sono di gran lunga minori delle lunari [...]".

Galilei continua l'analisi delle luci ed ombre che vede sulla Luna col telescopio, e le usa per calcolare l'altezza delle montagne lunari. Riferendosi al disegno nella [fig. 5](#), scrive: "Dunque nella Luna l'altezza AD, che designa un qualsiasi vertice elevato fino al raggio solare GCD, e lontano dal termine C per la distanza CD, supera le quattro miglia italiane. Ora sulla Terra non c'è alcun monte, che appena si accosti all'altezza perpendicolare di un miglio; resta pertanto manifesto, che le elevazioni lunari sono più alte delle terrestri."

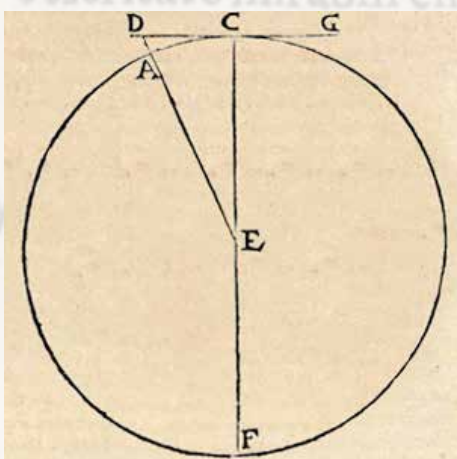


Fig. 5 Diagramma usato da Galilei in "Sidereus Nuncius", Venetjjs: apud Thomas Baglionum, 1610, Firenze, BNC, postillati 110, f. 13v.

Figure 4 e 5 sono riprodotte per gentile concessione del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo/ Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze. Ogni riproduzione è vietata.

Per apprezzare maggiormente le osservazioni di Galilei si possono confrontare la sua descrizione e i suoi disegni con quelli di Thomas Harriot [14], un astronomo e geografo inglese che guardò la Luna con un telescopio comprato in Olanda, quattro mesi prima di Galilei, nel 1609. Harriot non pubblicò nessun libro, ma fece dei disegni, che sono stati conservati, che mostrano la linea di divisione fra la parte illuminata e quella scura e qualche altra caratteristica della superficie lunare, molto semplici rispetto a quelli di Galilei, come si può vedere dalla [fig. 6](#) [15]. Sui disegni riportò la data, ma non fece altri commenti. Al contrario, quattro mesi più tardi Galilei vide sulla luna luci e ombre, e da quelle risalì all'esistenza di valli e grandi montagne, in completa antitesi con la visione Aristotelica del satellite terrestre come un corpo perfettamente sferico e omogeneo.

Galilei aveva il grande vantaggio, rispetto a Harriot, di essere cresciuto a Firenze, di avere fra i suoi amici molti pittori, come Cigoli, Bronzino, Passignano, e conoscere l'arte della prospettiva e delle ombre che gli permise di riconoscere la varietà della superficie lunare, simile a quella terrestre. In Inghilterra in quel periodo queste arti erano ancora poco conosciute. Il primo libro sull'arte delle ombre, "Sciographia", fu pubblicato a Londra solamente nel 1635 [16].

Pittura, musica e letteratura aiutano Galilei, e a loro volta sono influenzate dalle sue scoperte. Il suo amico Ludovico Cardi, detto il Cigoli, affrescherà la cupola della Cappella Paolina, a Santa Maria Maggiore in Roma, con una Assunzione della Madonna che, secondo la tradizione, poggia i piedi sulla Luna, ma una Luna dipinta con crateri e montagne, come vista da Galilei, e non come un perfetto, inalterabile corpo celeste.

Dopo la pubblicazione del "Sidereus Nuncius" troviamo anche Galilei e il suo lavoro menzionati da letterati, oltre che da scienziati. Ad esempio John Milton parla di Galilei nel suo poema "Paradise Lost" [17]:

" He scarce had ceas't when the superior Fiend
was moving toward the shoar; his ponderous shield,
ethereal temper, massy large and round,
behind him cast; the broad circumference
hung on his shoulder like the Moon, whose Orb
through Optic Glass the Tuscan Artist views
at evening from the top of Fiesole;
or in Valdarno, to descry new Lands,
rivers or mountains in her spotty globe." (Book I, 283-290)

...

... As when by night the Glass
of Galileo, less assur'd, observes
Imagined lands and regions in the Moon." (Book V, 261-62)

Milton andò a trovare Galilei ad Arcetri nel 1639, e raccontò di questa visita in "Aeropagitica" [18], un discorso al Parlamento inglese contro una legge che voleva introdurre l'obbligo di una licenza per stampare un libro, introducendo la censura anche in quel paese: "There it was that I found and visited the famous Galileo, grown old, a prisoner of the Inquisition for thinking in Astronomy otherwise than the Franciscan and Dominican Licenser thought, [...]".

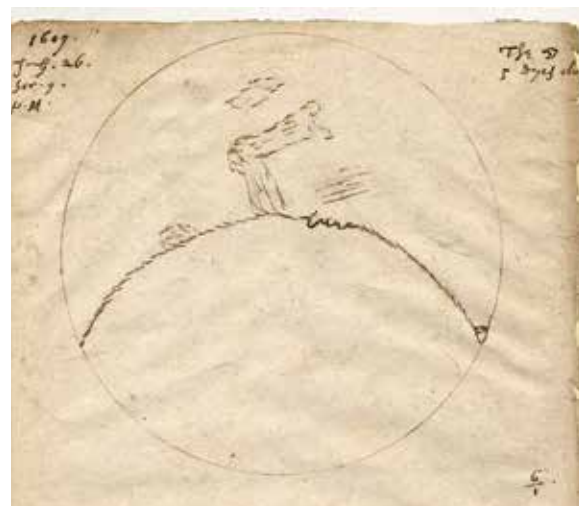


Fig. 6 Disegno della Luna vista da Thomas Harriot al telescopio. La data è 25 luglio 1609 (calendario Giuliano). Petworth House Archives, ref. HMC 241/9, fol. 26, riprodotto per gentile concessione di Lord Egremont, proprietario del manoscritto.

5 Conclusioni

L'influenza della cultura fiorentina, in tutti i suoi aspetti, letteratura, musica, e pittura, su Galilei e quindi sulla nascita della scienza moderna, sono innegabili. Nella sua famiglia, fra i suoi amici, nella Camerata Fiorentina e Accademia Fiorentina, Galilei viveva e respirava ovunque questa cultura. La musica e il padre musicista lo introdussero al metodo sperimentale e all'analisi matematica dei dati ricavati dalle osservazioni. La musica e Dante lo portarono a studiare le proprietà dei materiali e le leggi di scala. La pittura e l'arte della prospettiva e delle ombre lo aiutarono nel fondare la nuova astronomia. Le scienze, il mondo moderno, i ricercatori che cercano ogni giorno, seguendo l'insegnamento di Galilei, di leggere un'altra piccola parte del "Grande libro della Natura", sono tutti figli della cultura del Rinascimento.

Bibliografia

- [1] E. Panofsky, "Galileo as a Critic of the Arts. Aesthetic Attitude and Scientific Thought", *Isis*, 47, no. 1 (1956) 3 (tr. it.: "Galileo critico delle arti" (Abscondita s.r.l., Milano) 2008).
- [2] "Opere di Galileo Galilei Linceo Nobile Fiorentino già lettore delle matematiche nelle università di Pisa e di Padova, di poi sopraordinario nello studio di Pisa. Primario filosofo e matematico del Serenissimo Granduca di Toscana" (Eredi Dozza, Bologna) 1656.
- [3] V. Viviani, "Racconto istorico della vita del Signor Galileo Galilei" (Fasti Consolari dell'Accademia Fiorentina) 1717.
- [4] V. Galilei, "Dialogo della Musica antica et della Moderna" (Marescotti, Firenze) 1581.
- [5] Nichomachus the Pythagorean, "The Manual of Harmonics" tradotto in inglese dal greco da F. R. Levin (Phanes Press, Grand Rapids, MI) 1994.
- [6] S. Drake, *J. Hist. Ideas*, 31 (1970) 483.
- [7] G. Galilei, "Discorsi intorno a Due Nuove Scienze" (Elsevirii, Leida) 1638.
- [8] Le lezioni si possono trovare in "Studi sulla Divina Commedia di G. Galilei, V. Borghini ed altri", a cura di O. Gigli (Le Monnier, Firenze) 1855.
- [9] A. Manetti in "Commedia di Dante insieme con un dialogo circa el sito, forma et misure dello Inferno" (Filippo di Giunta, Firenze) 1506; vedi anche "Studi sulla Divina Commedia di G. Galilei, V. Borghini ed altri", a cura di O. Gigli (Le Monnier, Firenze) 1855.
- [10] "La Comedia di Dante Aligieri con la nova espositione di Alessandro Vellutello (Francesco Marcolini, Venezia) 1544.
- [11] M. A. Peterson, "Galileo's Discovery of Scaling Laws", *Am. J. Phys.*, 70 (2002) 575.
- [12] G. Galilei, "Sidereus Nuncius" (Venezia) 1610.
- [13] "Sidereus Nuncius", traduzione di M. Timpanaro Cardini (Firenze) 1948.
- [14] J. W. Shirley, "Thomas Harriot: W Biography" (Oxford) 1983. Vedi anche "Thomas Harriot: A Telescopic Astronomer Before Galileo", *Science Daily*, 15 gennaio 2009.
- [15] "Thomas Harriot Moon Drawings", The Galileo Project, Rive University, http://galileo.rice.edu/sci/harriot_moon.html
- [16] J. Wells, "Sciographia or the Art of Shadovves" (Londra) 1635.
- [17] J. Milton, "Paradise Lost" (London) 1668.
- [18] J. Milton, "Aeropagitica, a Speech for the Liberty of Unlicenc'd Printing, to the Parlament of England" (London) 1644.

Claudio Pellegrini

Claudio Pellegrini, Distinguished Professor of Physics Emeritus nel Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di California a Los Angeles e Consulting Professor a SLAC National Accelerator Laboratory, ha studiato all'Università di Roma "La Sapienza", e ha svolto le sue ricerche all'INFN-Frascati, Berkeley, Brookhaven National Laboratory, CERN, SLAC e Los Angeles. I suoi principali interessi sono la fisica dei fasci di particelle, l'interazione fra fasci di particelle, fotoni e plasmi, la generazione di radiazione X coerente con laser ad elettroni liberi e la loro applicazione alla fisica atomica e molecolare e alla biologia strutturale. Per queste ricerche ha ricevuto il Robert R. Wilson Prize dell'American Physical Society, il Free-electron Laser Prize e una Fulbright Fellowship. È stato presidente della Divisione di Fisica dei Fasci di Particelle dell'American Physical Society.

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA



**INTERNATIONAL SCHOOL OF PHYSICS
“ENRICO FERMI”**

with the sponsorship of

CAMERA DI COMMERCIO DI LECCO
ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

SUMMER COURSES 2014

VILLA MONASTERO

VARENNA, LAKE COMO

APPLICATION FORM

Course 190 FRONTIERS IN MODERN OPTICS 30 June – 5 July	Course 191 QUANTUM MATTER AT ULTRALOW TEMPERATURES 7 – 15 July
<u>Topics:</u> • Frontiers in Nonlinear Optics • Silicon-Based Nonlinear Nanophotonics • Silicon Nanophotonics • Supercontinuum and White-Light Applications • Accelerating Beams and Light Pulses • The Geometry of Light • Filamentation and Self-Induced Beam Propagation Effects • Frontiers of Light Imaging Techniques • Frontiers in Optical Fibre Communications • Optical Frequency Combs • Measurement of Amplitude and Phase of Ultrashort Light Pulses • Frontiers of Photonic Entanglement <u>Lecturers:</u> R. BOYD – University of Ottawa (Canada), University of Rochester, The Institute of Optics, Rochester, NY (USA) D. CHRISTODOULIDES – CREOL, The College of Optics & Photonics, University of Central Florida, Orlando, FL (USA) A. COUAIRON – Centre de Physique Théorique, École Polytechnique, Palaiseau (France) A. GAETA – School of Applied and Engineering Physics, Cornell University, Ithaca, NY (USA) G. GENTY – Department of Physics, Tampere University of Technology (Finland) U. LEONHARDT – Department of Physics of Complex Systems, Weizmann Institute of Science, Rehovot (Israel) M. LIPSON – School of Electrical and Computing Engineering, Cornell University, Ithaca, NY (USA) M. PADGETT – The School of Physics and Astronomy, University of Glasgow (Scotland) D. RICHARDSON – ORC, Optoelectronics Research Centre, University of Southampton (UK) G. STEINMEYER – Abteilung für Festkörperlichtquellen, Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie im Forschungsverbund, Berlin (Germany) T. UDEM – Abteilung für Laserspektroskopie, Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching (Germany) A. ZEILINGER – Institute for Quantum Optics and Quantum Information, Vienna Center for Quantum Science and Technology, International University of Vienna (Austria) <u>Directors of the Course:</u> J. DUDLEY – Université de Franche-Comté, Faculté des Sciences et Techniques, Institut FEMTO-ST, Besançon (France) D. FACCIO – Heriot-Watt University, School of Engineering and Physical Sciences, Edinburgh (UK) <u>Scientific Secretary:</u> M. CLERICI – INRS-EMT Université du Québec, Varennes (Canada), Heriot-Watt University, School of Engineering and Physical Sciences, Edinburgh (UK) <u>Deadline for application:</u> 15 April 2014 <u>Correspondence and application forms should be sent to:</u> M. CLERICI INRS-EMT Université du Québec 1650 Blvd. Lionel Boulet, Varennes Quebec J3X 1S2 (Canada) Tel: +1 514 228 6837 Fax: +1 450 929 8102 clerici@emt.inrs.ca/matteo.clerici@gmail.com email for the Course: frontiers.optics@gmail.com <u>Arrival day:</u> Sunday, 29 June 2014 <u>Opening of the Course:</u> Monday, 30 June 2014 - 9.00 a.m. <u>Closing of the Course:</u> Saturday, 5 July 2014 - 12.30 p.m. <u>Participation fee:</u> € 900,00 (for attendance, board, lodging and Proceedings)	<u>Topics:</u> • Spin-orbit coupling and gauge fields • Dipolar physics • Quantum magnetism • Low dimensional physics and spin chains • Quantum Hall effect and topological insulators • Quantum microscope • New lattice geometries • Spinor physics • Unitarity limit for fermions and bosons • Transport • Disorder • Solitons • Mixtures • Polarons • Quantum simulation • Rydberg blockade <u>Lecturers and Seminar Speakers:</u> A. ASPECT – Laboratoire Charles Fabry, Institut d'Optique, Palaiseau (France) M. BARANOV – Institut für Quantenoptik und Quanteninformation, Innsbruck (Austria) I. BLOCH – MPQ, Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching and LMU Ludwig-Maximilians-Universität, München (Germany) J. DALIBARD – Collège de France and ENS, Paris (France) E. DEMLER – Department of Physics Harvard University, Cambridge, MA (USA) T. ESSLINGER – ETH, Departement Physik, Zürich (Switzerland) T. GIAMARCHI – University of Geneva (Switzerland) W. KETTERLE – MIT, CUA, RLE and Department of Physics, Cambridge, MA (USA) M. LEWENSTEIN – ICFO and ICREA, Barcelona (Spain) G. MODUGNO – LENS, Università di Firenze, Sesto Fiorentino (Italy) T. PFau – Universität Stuttgart (Germany) A. RECATTI – INO-CNR BEC Center and Università di Trento (Italy) C. SALOMON – LKB, Département de Physique, ENS, Paris (France) L. SANTOS – Leibniz Universität Hannover (Germany) J. SCHMIEDMAYER – VCQ, Technische Universität Wien (Austria) D. STAMPER-KURN – Department of Physics, University of California, Berkeley, CA (USA) J. YE – JILA, NIST and University of Colorado, Boulder, CO (USA) W. ZWIERGER – TUM, Technische Universität München, Physik Department, Garching (Germany) M. ZWIERLEIN – MIT, CUA, RLE and Department of Physics, Cambridge, MA (USA) <u>Directors of the Course:</u> M. INGUSCIO – LENS, Università di Firenze, INRIM, Torino (Italy) W. KETTERLE – MIT, Cambridge, MA (USA) S. STRINGARI – Università di Trento, INO-CNR, BEC Center, Trento (Italy) <u>Scientific Secretary:</u> G. ROATI – INO-CNR and LENS, Università di Firenze, Sesto Fiorentino (Italy) <u>Deadline for application:</u> 20 April 2014 <u>Correspondence and application forms should be sent to:</u> G. ROATI INO-CNR AND LENS Università di Firenze Via N. Carrara 1 50019 Sesto Fiorentino FI (Italy) Tel: +39 055 4572458 lab. - +39 055 4572474 office giacomo.roati@ino.it <u>Arrival day:</u> Sunday, 6 July 2014 <u>Opening of the Course:</u> Monday, 7 July 2014 <u>Closing of the Course:</u> Tuesday, 15 July 2014 <u>Participation fee:</u> € 1300,00 (for attendance, board, lodging and Proceedings)

Course 192
**GRID AND CLOUD COMPUTING –
CONCEPTS AND PRACTICAL APPLICATIONS**
25 – 30 July

Topics:

- WLCG Grid past, present and future
- Clouds in the Biosciences
- Scientific clouds
- Global networking
- Grid and Cloud architecture
- Cloud middleware
- Big Data: challenges and perspectives
- Data preservation
- Grid and Cloud Monitoring

Lecturers:

A. BARCZYK – California Institute of Technology, Pasadena, CA (USA)
I. BIRD – IT Department, CERN, Geneva (Switzerland)
V. J. BRETON – LPC, Campus des Cezeaux, Aubière (France)
D. DUELLMANN – IT Department, CERN, Geneva (Switzerland)
I. LEGRAND – PH Department, CERN, Geneva (Switzerland), California Institute of Technology, Pasadena, CA (USA)
M. LIVNY – Computer Sciences Department, University of Wisconsin, Madison, WI (USA)
S. MAFFIOLETTI – GC3: Grid Computing Competence Center, University of Zurich (Switzerland)
D. SALOMONI – INFN-CNAF, Bologna (Italy)
H. NEWMAN – California Institute of Technology, Pasadena, CA (USA)
J. SHIERS – IT Department, CERN, Geneva (Switzerland)

Directors of the Course:

F. CARMINATI – PH Department, CERN, Geneva (Switzerland)
L. BETEV – PH Department, CERN, Geneva (Switzerland)

Scientific Secretary:

A. GRIGORAS – PH Department, CERN, Geneva (Switzerland)

Deadline for application:

5 May 2014

Correspondence and application forms should be sent to:

A. GRIGORAS
PH Department
CERN
1211 Geneva 23 (Switzerland)
Tel: +41 22 767 1470 Fax: +41 22 766 8377
alina.gabriela.grigoras@cern.ch

Arrival day:

Thursday, 24 July 2014

Opening of the Course:

Friday, 25 July 2014 - 9.00 a.m.

Closing of the Course:

Wednesday, 30 July 2014 - 12,30 p.m.

Participation fee:

€ 900,00 (for attendance, board, lodging and Proceedings)

GENERAL INFORMATION

A) – In addition to the official lectures, several seminars on related subjects will be held by visiting scientists.

B) – The scientific organization and direction of the Course are entrusted to the Directors.

C) – The School is intended for PhD students and young post-docs. The number of students at each Course is limited to about 60. Students are requested to attend all lectures and seminars.

D) – Whoever may be interested in attending the Course and is not entitled – for his age or other reasons – to be considered a student, may follow the Course as observer. Registration fee charged to observers is € 500,00. Observers should provide for their board and lodging; if required, the School may take care of their hotel accommodation.

E) – Applicants will be informed of the decision on their admittance within 30 days from the beginning of each Course.

F) – Owing to the limited number of places available in the lecture hall, it will not be possible to allow any person not selected by the Committee of the School to follow the Courses.

G) – Students are requested to arrive at Varenna respectively on Sunday, 29 June (1st Course), Sunday, 6 July (2nd Course), Thursday, 24 July (3rd Course). Accommodation for the students will be provided in shared rooms with 2 beds in hotels at Varenna. Meals will be organized by the School.

H) – Fees should be paid by students and observers following the instruction and within the date indicated in the letter of admittance.

I) – Scholarships may be granted to deserving students who need financial help. Such requests must be specified in the application and justified in the recommendation letter. Some of the Scholarships will be granted to SIF and/or EPS Members. Scholarships will be assigned by the President of the Italian Physical Society.

J) – Students should avoid being accompanied by relatives. In view of the holiday season local accommodation is very limited. Quite exceptionally the School could see to the accommodation of members of students' families in local hotels. Hotel expenditure for students' relatives will be payable separately and directly to the hotel management.

The President
Società Italiana di Fisica
LUISA CIFARELLI

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
Via Saragozza 12
40123 BOLOGNA, Italy
Tel. ++39-051-331554 – Fax ++39-051-
581340
sif@sif.it – www.sif.it

INTERNATIONAL SCHOOL OF PHYSICS “ENRICO FERMI”

APPLICATION FORM

Course 190 “Frontiers in Modern Optics” ☐
Course 191 “Quantum Matter at Ultralow Temperatures” ☐
Course 192 “Grid and Cloud Computing – Concepts and Practical Applications” ☐

To be sent to:

COURSE 190

M. CLERICI
INRS-EMT Université du Québec
1650 Blvd. Lionel Boulet, Varennes
Quebec J3X 1S2
(Canada)
Tel: +1 514 228 6837
Fax: +1 450 929 8102
clerici@emt.inrs.ca
matteo.clerici@gmail.com
email for the Course:
frontiers.optics@gmail.com

Closing date for application:
15 April 2014

COURSE 191

G. ROATI
INO-CNR AND LENS
Università di Firenze
Via N. Carrara 1
50019 Sesto Fiorentino FI
(Italy)
Tel: +39 055 4572458 lab.
+39 055 4572474 office
giacomo.roati@ino.it

Closing date for application:
20 April 2014

COURSE 192

A. GRIGORAS
PH Department
CERN
1211 Geneva 23
(Switzerland)
Tel: +41 22 767 1470
Fax: +41 22 766 8377
alina.gabriela.grigoras@cern.ch

Closing date for application:
5 May 2014

Name and surname _____

Place and date of birth _____

Nationality _____

Male ☐ Female ☐

Degree _____

Date and place of acquisition _____

Present activity _____

Affiliation with complete postal address _____

Tel. _____ Fax _____

e-mail _____

Recommended by _____

(enclose a letter of reference from your research group leader or professor testifying to your qualifications and interest in participating in the Course; enclose also list of publications)

I request student status ☐ I request observer status ☐

I am SIF Member ☐ I am EPS Member ☐

Date _____ Signature _____



Joint EPS-SIF



INTERNATIONAL SCHOOL ON ENERGY

UNDER THE SPONSORSHIP OF

CAMERA DI COMMERCIO DI LECCO - ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE - ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA
MUSEO STORICO DELLA FISICA E CENTRO STUDI E RICERCHE "ENRICO FERMI"

Course II

ENERGY: BASICS CONCEPTS AND FOREFRONT IDEAS

17 - 23 July 2014

VILLA MONASTERO - VARENNA, LAKE COMO

Directors of the Course:

L. CIFARELLI – Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Bologna, INFN, Sezione di Bologna (Italy)
F. WAGNER – Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald (Germany)

Topics:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| • Bio-energy | • Industrial development |
| • Chemical energy | • Inter energy supply |
| • Climate | • Life cycle analysis |
| • CO ₂ neutral fuels | • Materials shortage |
| • Energy economy | • Mobility |
| • Energy saving technology | • Network and systems |
| • Environment and climate | • Photovoltaic devices |
| • Fission energy | • Photovoltaic materials |
| • Fossil energy | • Physics and economy |
| • Fukushima | • Thorium reactors |
| • Fusion | • Wind energy |
| • Geothermal power | • World energy resources |

Lecturers:

A. M. BRADSHAW – Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching (Germany)
S. CENTRO – Dipartimento di Fisica, Università di Padova, INFN, Sezione di Padova (Italy)
L. CIFARELLI – Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Bologna, INFN, Sezione di Bologna (Italy)
A. CLERICI – CESI, Milano (Italy)
Lecturer from DIFFER, Nieuwegein (The Netherlands) – *tbd*
H.-P. EBERT – ZAE Bayern Abteilung 2, Funktionsmaterialien der Energietechnik, Würzburg (Germany)
G. ERDMANN – Technische Universität Berlin, Fachgebiet Energiesysteme, Berlin (Germany)
R. FRIEDRICH – IER, Universität Stuttgart (Germany)
H. HELD – Forschungsstelle Nachhaltige Umweltentwicklung, KlimaCampus, Universität Hamburg (Germany)
L. J. F. HERMANS – Leiden Institute of Physics, Leiden University (The Netherlands)
A. MANZELLA – Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR, Pisa (Italy)
K. MURAOKA – Plazwire Co., Ltd, Fukuoka (Japan)
C. OHLER – ABB Corporate Research, Baden-Dättwil (Switzerland)
J. ONGENA – Laboratory for Plasma Physics, Ecole Royale Militaire, Brussels, LPP/ERM-KMS, Association EURATOM-Belgian State, Brussels (Belgium)
A. POLMAN – FOM Institute AMOLF, Amsterdam (The Netherlands)
F. PRODI – Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR, Bologna (Italy)
J.-P. REVOL – CERN, Geneva (Switzerland) and Centro Fermi, Roma (Italy)
M. RIPANI – INFN, Sezione di Genova (Italy)
R. SCHLÖGL – Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Abteilung Anorganische Chemie, Berlin (Germany)
E.-D. SCHULZE – Max-Planck Institute für Biogeochemie, Jena (Germany)
R. VIALLY – IFP Energies Nouvelles, Lyon (France)
F. WAGNER – Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald (Germany)
H.-J. WAGNER – Institut für Energietechnik, Ruhr Universität Bochum (Germany)
S. ZANNELLA – Edison S.p.A., Research, Development and Innovation, Milano (Italy)

Deadline for Application: 30 April 2014

Correspondence and application forms should be sent to:

G. ALIMONTI
INFN, Sezione di Milano
Via Celoria 16
20133 Milano (Italy)
Tel.: ++39-02-50317363 Fax: ++39-02-50317624
e-mail: Gianluca.Alimonti@mi.infn.it

Participation fee: € 900,00 (for attendance, board, lodging and Lecture Notes)

GENERAL INFORMATION

- A) – The School is intended for PhD students and young post-docs. The number of students at the Course is limited to about 70. Students are requested to attend all lectures.
B) – Whoever may be interested in attending the Course and is not entitled - for his age or other reasons - to be considered a student, may follow the Course as observer. Registration fee charged to observers is Euro 500,00. Observers should provide for their board and lodging; if required, the School may take care of their hotel accommodation.
C) – Applicants will be informed of the decision on their admittance within 6 weeks from the beginning of the Course.
D) – Owing to the limited number of places available in the lecture hall, it will not be possible to allow any person not selected by the Committee of the School to follow the Course.
E) – Students are requested to arrive at Varenna the day preceding the opening of the Course: Wednesday, 16 July. Accommodation for the students will be provided in rooms with 2 beds in hotels at Varenna.
F) – Fees should be paid by students and observers following the instruction and within the date indicated in the letter of admittance.
G) – Scholarships may be granted to deserving students who need financial help. Such requests must be specified in the application and justified in the recommendation letter. Some of the Scholarships will be granted to EPS and/or SIF Members.
H) – Students should avoid being accompanied by relatives. In view of the holiday season local accommodation is very limited. Quite exceptionally the School could see to the accommodation of members of students' families in local hotels. Hotel expenditure for students' relatives will be payable separately and directly to the hotel management.

General Organization: Società Italiana di Fisica – Via Saragozza 12 – 40123 Bologna, Italy – Tel. ++39-051-331554 – Fax ++39-051-581340 – sif@sif.it – www.sif.it



Joint EPS-SIF



INTERNATIONAL SCHOOL ON ENERGY

APPLICATION FORM

Course I: **ENERGY: BASICS CONCEPTS AND
FOREFRONT IDEAS**

17 - 23 July 2014

VILLA MONASTERO - VARENNA, LAKE COMO

To be sent to:

G. ALIMONTI
INFN, Sezione di Milano
Via Celoria 16
20133 Milano (Italy)
Tel.: ++39-02-50317363 Fax: ++39-02-50317624
e-mail: Gianluca.Alimonti@mi.infn.it

Closing date for application: 30 April 2014

Name and surname _____

Place and date of birth _____

Nationality _____

Male ☐ Female ☐

Degree _____

Date and place of acquisition _____

Present activity _____

Affiliation with complete postal address _____

Tel. _____ Fax _____

e-mail _____

Recommended by _____

(enclose a letter of reference from your research group leader or professor testifying to your qualifications and interest in participating in the Course; enclose also list of publications)

I request student (*) status ☐

I request observer status ☐

I am EPS Member ☐

I am SIF Member ☐

(*) For phd students or young post-docs.

Date _____ Signature _____

Società Italiana di Fisica



100°

CONGRESSO NAZIONALE

Pisa, 22 - 26 settembre 2014

Sede Congresso: Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Pisa





100° CONGRESSO NAZIONALE della SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
Pisa, 22-26 Settembre 2014
INFORMAZIONI GENERALI

COMUNICAZIONI

I riassunti delle comunicazioni dovranno pervenire alla Società Italiana di Fisica **entro il 15 MAGGIO 2014**, con un massimo di 100 parole, senza figure, indicando la Sezione pertinente, con il nome sottolineato dell'autore che presenterà la comunicazione nonché il suo indirizzo completo per la corrispondenza. I riassunti potranno essere sottomessi online alla pagina <http://www.sif.it/attivita/congresso/100> o inviati via e-mail (congresso@sif.it).

LA SOTTOMISSIONE ELETTRONICA È DA CONSIDERARSI PREFERIBILE. SI PREGA DI UTILIZZARE UN SOLO MODO DI SPEDIZIONE. Verranno pubblicati nel volume degli Atti del Congresso soltanto i riassunti pervenuti entro il termine e conformi alle norme prescritte. Le comunicazioni accettate saranno presentate oralmente. ALMENO UNO DEGLI AUTORI DELLA COMUNICAZIONE, POSSIBILMENTE IL PRESENTATORE, DEVE ESSERE SOCIO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA.

SEZIONI

SEZIONE 1:	Fisica nucleare e subnucleare
SEZIONE 2:	Fisica della materia
SEZIONE 3:	Fisica astroparticellare, astrofisica e cosmologia
SEZIONE 4a:	Geofisica, fisica dell'ambiente e oceanografia fisica
SEZIONE 4b:	Biofisica e fisica medica
SEZIONE 5a:	Fisica applicata
SEZIONE 5b:	Fisica per i beni culturali
SEZIONE 6:	Fisica generale, didattica e storia della fisica
SEZIONE 7a:	Fisica degli acceleratori

PREMI PER LE MIGLIORI COMUNICAZIONI

Per i presentatori che vinceranno sono previsti premi e la pubblicazione su *Il Nuovo Cimento*.

ISCRIZIONE AL CONGRESSO

Quote di iscrizione al Congresso per i Soci (*)		
	Preiscrizione	Iscrizione
Socio Ordinario	€ 65,00	€ 75,00
Socio Junior (under 30)	€ 50,00	€ 60,00
Socio Invitato	€ 50,00	€ 60,00

(*) Per i Relatori su Invito si applica la stessa quota dei Soci Ordinari

Quote di iscrizione al Congresso per i non Soci		
	Preiscrizione	Iscrizione
Partecipante Ordinario	€ 135,00	€ 150,00
Partecipante Junior (under 30)	€ 110,00	€ 120,00

Contestualmente alla preiscrizione (o iscrizione) al Congresso è possibile rinnovare la propria associazione alla SIF o chiedere di diventare Socio SIF al fine di poter usufruire dei previsti sconti.

Per associarsi alla SIF: <http://www.sif.it/associazione>

Sarà possibile preiscriversi al Congresso fino al 10 Settembre 2014 alla pagina web:
<http://www.sif.it/attivita/congresso/100>.

PER PARTECIPARE AI LAVORI CONGRESSUALI È NECESSARIO ESSERE MUNITI DI TARGHETTA NOMINATIVA CHE ATTESTI L'AVVENUTA ISCRIZIONE AL CONGRESSO.

SEDE DEL CONGRESSO

L'inaugurazione avrà luogo nella mattinata di lunedì 22 settembre nell'Aula Magna dell'Area Pontecorvo (ex Marzotto), Largo B. Pontecorvo 3, Pisa. I lavori del Congresso si svolgeranno nelle aule situate nella stessa Area.

PRENOTAZIONE ALBERGHIERA

Le prenotazioni potranno essere effettuate tramite:

A.I.C. ASTI INCENTIVES & CONGRESSI SRL

P.zza San Umobono, 30 - 56126 Pisa

Tel: 050 598808 / 541402 – Fax: 050 598688

e-mail: sif2014@aicgroup.it

La scheda di prenotazione alberghiera viene allegata qui a fianco.

SCHEDA DI PRENOTAZIONE ALBERGHIERA**100° Congresso Nazionale SIF****Pisa, 22-26 Settembre 2014**(compilabile online alla pagina: <http://www.sif.it/> nella sezione "Attività – Congresso Nazionale")**Da restituire compilata in tutte le sue parti****ENTRO E NON OLTRE IL 20 AGOSTO 2014 a:**

A.I.C. ASTI INCENTIVES & CONGRESSI SRL

P.zza San Uomobono, 30 – 56126 Pisa

Tel: 050 598808 / 541402 – Fax: 050 598688

e-mail: sif2014@aicgroup.it**Dati personali:**

Nome _____ Cognome _____

Indirizzo _____ CAP _____ Città _____

Codice Fiscale _____ Cell. _____

Telefono _____ Fax _____

e-mail _____

Dati per la fatturazione (da compilare solo se diversi dai dati personali):

Azienda _____

Indirizzo _____ CAP _____ Città _____

Partita IVA/C.F. _____

Elenco Hotel**(tariffe a camera, per giorno e comprensive di prima colazione e IVA)**

Hotel	Doppia uso Singola (DUS)	Doppia	Distanza sede Congresso	Distanza centro città
TOWER PLAZA 5*****	€ 130,00	€ 150,00	3.7 km	4km
AC PISA BY MARRIOTT 4****	€ 120,00	€ 130,00	3 km	2.1 km
NH CAVALIERI 4****	€ 131,00	€ 141,00	1.8 km	centro città
BOLOGNA 4****	€ 144,00	€ 158,00	1.3 km	centro città
REPUBBLICA MARINARA 4****	€ 94,00	€ 114,00	2 km	1 km
DUOMO 4****	€ 115,00	€ 160,00	1 km	centro città
SAN RANIERI 4****	€ 119,00	€ 129,00	3.7 km	4 km
GRAND HOTEL BONANNO 4****	€ 90,00	€ 109,00	1.9 km	3 km
LEONARDO 3***	€ 85,00	€ 100,00	0.8 km	centro città
MINERVA 3***	€ 85,00	€ 95,00	1.2 km	centro città
ARISTON 3***	€ 104,00	€ 104,00	1 km	centro città
CASA BETANIA 3***	€ 65,00	€ 65,00	2.9 km	3 km
CASA SAN TOMMASO 3***	€ 68,00	€ 68,00	2 km	centro città
B&B	€ 68,00	€ 77,00	5.3 km	4 km
TOURING 3***	€ 105,00	€ 115,00	1.7 km	centro città

A garanzia della prenotazione è richiesto un deposito pari al costo della prima notte presso l'hotel scelto più € 15,00 (IVA inclusa) per i diritti di prenotazione.

Annullamenti sono previsti se pervenuti per iscritto alla ASTI INCENTIVES & CONGRESSI SRL entro e non oltre il 20 agosto 2014. Per gli annullamenti pervenuti entro tale data saranno trattenuti solo i diritti di agenzia per spese amministrative. In caso di annullamento della prenotazione dopo il 20 agosto 2014, l'importo versato come deposito non sarà rimborsato.

Il saldo sarà da effettuarsi direttamente presso l'hotel al momento della partenza, unitamente al pagamento della tassa di soggiorno. Non saranno accettate richieste prive del pagamento a garanzia della prenotazione.

Prenotazione

HOTEL (PRIMA SCELTA) _____

HOTEL (SECONDA SCELTA) _____

DATA DI ARRIVO _____ / _____ / _____ DATA DI PARTENZA _____ / _____ / _____ N. NOTTI _____

TIPO DI CAMERA:

☐ DUS (doppia uso singola) ☐ DBL (doppia) in camera con _____

In caso di mancanza di disponibilità nell'Hotel indicato come prima scelta, la Asti Incentives & Congressi srl si riserva la possibilità di assegnare l'Hotel indicato come seconda scelta.

Un voucher verrà inviato dalla Asti Incentives & Congressi srl a conferma della Vostra partecipazione.

Per esigenze di tipologia camera e/o durata del soggiorno diverse da quelle indicate, si prega di contattare la Asti Incentives & Congressi.

L'agenzia è a disposizione per preventivi e offerte personalizzate.

Modalità di pagamento

Autorizzo la Asti Incentives & Congressi srl a prelevare l'importo di € _____ dalla mia carta di credito:

☐ Visa ☐ Mastercard

NUMERO CARTA _____

DATA DI SCADENZA _____ CVC* _____

NOME E COGNOME DEL TITOLARE _____

Firma del titolare _____

*CVC: indicare i 3 numeri presenti sulla striscia sul retro della carta.

Allego via fax al numero 050 598688 copia del bonifico bancario di € _____, intestato a Asti Incentives & Congressi srl - c/o Monte dei Paschi di Siena, Ag. 1 Pisa, C/C nr. 20844.33 - ABI 1030 CAB 14000 - CIN Code D - IBAN IT95D0103014000000002084433 - causale: SIF 2014 + nome e cognome della prenotazione.

N.B. - A seguito dell'introduzione a partire dal 1 marzo 2012, da parte del Comune di Pisa, dell'imposta di soggiorno, sarà necessario saldare direttamente in hotel l'importo relativo all'imposta giornaliera al momento del check-out insieme ad eventuali extra. (L'importo dell'imposta di soggiorno varia da € 1,50 a € 2,00 per persona al giorno, a seconda della categoria della struttura ricettiva nella quale si alloggia).

AVVERTENZE AI SENSI DI LEGGE DEL D.Lgs. 196/2003

Le informazioni contenute in questa pagina sono da considerarsi strettamente riservate. Il loro utilizzo è consentito esclusivamente per le finalità indicate nello stesso, divulgarle anche in parte, distribuirle ad altri soggetti, copiarle o utilizzarle per finalità diverse, costituisce comportamento contrario ai principi dettati dal D.Lgs. 196/2003

DATA _____ FIRMA _____



SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

PREMIO “ENRICO FERMI” DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

La Società Italiana di Fisica bandisce per l'anno 2014 un Premio di € 30.000,00 (euro trentamila) che verrà attribuito a uno o più Soci che abbiano particolarmente onorato la Fisica con le loro scoperte.

Il Premio verrà consegnato nella seduta inaugurale del 100° Congresso Nazionale della SIF che si terrà a Pisa il 22 settembre 2014 su proposta di una Commissione costituita da:

- il Presidente della Società Italiana di Fisica, che presiederà la Commissione
- un Membro designato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche
- un Membro designato dall'Istituto Nazionale di Astrofisica
- un Membro designato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
- un Membro designato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
- un Membro designato dall'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica
- un Membro designato dal Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi”
- un Membro designato dal Consiglio di Presidenza della Società Italiana di Fisica.

Ogni Socio può formulare proposte motivate indirizzandole *entro il 16 giugno 2014* al Presidente della Società Italiana di Fisica. Ogni proposta completa della relativa documentazione deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/attivita/premio_fermi e dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.fermi@sif.it *entro il 16 giugno 2014*.

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
VIA SARAGOZZA 12
40123 BOLOGNA
TEL 051-331554 - FAX 051-581340
sif@sif.it - <http://www.sif.it/>

IL PRESIDENTE DELLA SIF
LUISA CIFARELLI

BOLOGNA, MARZO 2014





Società Italiana di Fisica
Bologna - Italia

IOP Institute of Physics

Premio “Giuseppe Occhialini”

Per onorare la memoria di Giuseppe Occhialini, la Società Italiana di Fisica (SIF), insieme all'Institute of Physics (IOP), bandisce un premio per un fisico operante principalmente in Italia in riconoscimento di risultati rilevanti del suo lavoro di ricerca in Fisica negli ultimi 10 anni.

Il premio è stato congiuntamente istituito nel 2007 dalle due Società in occasione del centenario della nascita di Giuseppe (Beppo) Occhialini allo scopo di commemorare la figura dell'insigne scienziato e di consolidare le relazioni tra le due Società. Il premio sarà conferito annualmente e sarà alternativamente bandito dall'una o dall'altra Società.

Per il 2014 le norme di partecipazione al concorso al Premio sono le seguenti:

1) È bandito il concorso per l'assegnazione del Premio “Giuseppe Occhialini” per il 2014, dell'importo di € 3.000,00 (tremila).

2) Proposte di candidature motivate per il Premio “Giuseppe Occhialini” possono essere effettuate da ciascun Socio SIF utilizzando l'apposito modulo scaricabile da <http://www.sif.it/attivita/premio-occhialini>. Ogni proposta completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo: premio.occhialini@sif.it oppure, nel caso di invio cartaceo, all'indirizzo: Società Italiana di Fisica, Via Saragozza 12, 40123 Bologna, entro il 30 Aprile 2014.

3) Il ritardo nell'arrivo della proposta con la relativa documentazione, qualunque ne sia la causa, comporterà l'inammissibilità della proposta stessa al concorso. Nel caso della spedizione cartacea farà fede la data del timbro postale di partenza, che dovrà essere non successiva al 30 Aprile 2014.

4) Il vincitore sarà scelto dal Consiglio dell'IOP, su proposta di un'apposita Commissione Premi, a partire da una rosa di non più di tre candidati indicati dal Consiglio di Presidenza della SIF. Il giudizio di entrambi i Consigli è insindacabile.

5) Il vincitore del Premio sarà proclamato in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, nel periodo 22-26 Settembre 2014. Al vincitore il Premio di € 3.000,00 sarà conferito, insieme a un diploma e una medaglia d'argento, in occasione di un'apposita cerimonia di premiazione organizzata dall'IOP entro la fine del 2014.

“Giuseppe Occhialini” Prize

To honor the memory of Giuseppe Occhialini the Italian Physical Society (SIF) together with the Institute of Physics (IOP) awards a prize for a physicist based in Italy in recognition of distinguished work in physics research carried out within the past 10 years.

The prize has been jointly established in 2007 by the two Societies on occasion of the Centenary of the birth of Giuseppe (Beppo) Occhialini with the aim to commemorate the eminent scientist as well as to strengthen the relationship between the two Societies. The prize will be awarded on an annual basis and will be alternatively announced by the SIF and IOP, respectively.

For the year 2014 the terms and eligibility are as follows:

1) A competition is announced to award the “Giuseppe Occhialini” Prize for 2014, to the value of € 3.000,00 (three thousand).

2) Motivated nominations for the “Giuseppe Occhialini” Prize can be made by any SIF Member by downloading the nomination form from <http://en.sif.it/activities/occhialini.award>. Each nomination with full attached documentation must be received by electronic mail at the following address: premio.occhialini@sif.it or, in case of paper version, at the following postal address: Società Italiana di Fisica, Via Saragozza 12, 40123 Bologna, Italy, by 30 April 2014.

3) In case of delay in the reception of the nomination form with the attached documentation, whatever its cause, the nomination will be deemed invalid. In case of transmission by regular mail, the postmark (not later than the fixed deadline of 30 April 2014) will be deemed the date of submission.

4) The winner will be selected by the IOP Awards Committee and confirmed by the IOP Council from a list of no more than three finalists proposed by the SIF Council from amongst the candidates. The decision of both Councils is final.

5) The name of the winner will be publicly announced on occasion of the next 100th National Congress of the Italian Physical Society, to be held in Pisa on 22-26 September 2014. The Prize of € 3.000,00, a silver medal and a certificate shall be awarded to the winner at an IOP prize-giving ceremony to be organised by the IOP by the end of 2014.

IL PRESIDENTE DELLA SIF
LUISA CIFARELLI

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
Via SARAGOZZA 12
40123 BOLOGNA
Italy
TEL +39 051-331554 - FAX +39 051-581340
sif@sif.it - www.sif.it

BOLOGNA, FEBBRAIO 2014

IOP PRESIDENT
FRANCES SAUNDERS

INSTITUTE OF PHYSICS
76 PORTLAND PLACE
LONDON W1B 1NT
UK
TEL +44 (0)20 74704800 - FAX +44 (0)20 74704848
physics@iop.org - <http://www.iop.org/>



SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

PREMI

“Pietro Blaserna”	“Antonio Roiti”	“Augusto Righi”
“Angelo Battelli”	“Vito Volterra”	“Michele Cantone”
“Antonio Garbasso”	“Orso Mario Corbino”	“Quirino Majorana”
“Giovanni Polvani”	“Gilberto Bernardini”	“Carlo Castagnoli”
“Giuseppe Franco Bassani”	“Giuliano Toraldo di Francia”	“Laura Bassi”

PER GIOVANI LAUREATI IN FISICA

Concorso a premi per la Fisica riservati ai dottori in Fisica laureatisi dopo il maggio 2011.

Concorso a premi per la Fisica riservati ai dottori in Fisica laureatisi dopo il maggio 2007.

La Società Italiana di Fisica bandisce un Concorso ad almeno un premio di € 1.000,00 (euro mille) e diploma, da assegnare a giovani cultori della ricerca fisica. Le norme di partecipazione al Concorso sono le seguenti:

La Società Italiana di Fisica bandisce un Concorso ad almeno un premio di € 2.000,00 (euro duemila) e diploma, da assegnare a cultori della ricerca fisica. Le norme di partecipazione al Concorso sono le seguenti:

1) Al concorso sono ammessi i Soci della Società Italiana di Fisica che abbiano fatto pervenire la quota sociale per l'anno 2014 entro il 16 giugno 2014 (*) e che abbiano conseguito dopo il maggio 2011 la laurea specialistica/magistrale in Fisica presso una Università italiana.

1) Al concorso sono ammessi i Soci della Società Italiana di Fisica che abbiano fatto pervenire la quota sociale per l'anno 2014 entro il 16 giugno 2014 (*) e che abbiano conseguito dopo il maggio 2007 la laurea specialistica/magistrale in Fisica presso una Università italiana.

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito e il codice fiscale del concorrente, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/attivita/altri_premi/giovani_laureati. Ogni domanda completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.maggio11@sif.it entro il 16 giugno 2014.

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito e il codice fiscale del concorrente, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/attivita/altri_premi/giovani_laureati. Ogni domanda completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.maggio07@sif.it entro il 16 giugno 2014.

3) Alla domanda il concorrente dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:

3) Alla domanda il concorrente dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:

- a) il curriculum degli studi universitari, rilasciato dall'Università dove si è laureato, comprovante le votazioni ottenute e la data del conseguimento della laurea;
- b) una breve relazione scientifica illustrante l'attività di ricerca svolta;
- c) l'elenco delle pubblicazioni;
- d) una lettera di presentazione;
- e) ogni altro documento che ritenga utile ai fini del Concorso stesso.

- a) il curriculum degli studi universitari, rilasciato dall'Università dove si è laureato, comprovante le votazioni ottenute e la data del conseguimento della laurea;
- b) una breve relazione scientifica illustrante l'attività di ricerca svolta;
- c) l'elenco delle pubblicazioni;
- d) una lettera di presentazione;
- e) ogni altro documento che ritenga utile ai fini del Concorso stesso.

4) Il Consiglio di Presidenza della Società Italiana di Fisica attribuirà il relativo premio. La decisione del Consiglio è inappellabile.

4) Il Consiglio di Presidenza della Società Italiana di Fisica attribuirà il relativo premio. La decisione del Consiglio è inappellabile.

5) Il premio verrà conferito in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, 22-26 Settembre 2014.

5) Il premio verrà conferito in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, 22-26 Settembre 2014.

(*) *Eccetto per i Soci Invitati*

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
Via SARAGOZZA 12
40123 BOLOGNA
TEL 051-331554 - FAX 051-581340
sif@sif.it - <http://www.sif.it/>

BOLOGNA, MARZO 2014

IL PRESIDENTE DELLA SIF
LUISA CIFARELLI



SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Premio “Sergio Panizza”

La Società Italiana di Fisica, per iniziativa e con il contributo della Società Laser Optronica di Milano, attribuisce ogni due anni un premio di € 2.000,00 (euro duemila) intitolato al Dottor Sergio Panizza, destinato a un giovane ricercatore che si sia distinto nel campo della Optoelettronica o della Fotonica. Le norme di partecipazione al Concorso per l'anno 2014 sono le seguenti:

1) Sono ammessi al Concorso i laureati in Fisica (laurea specialistica/magistrale) di età non superiore ai 35 anni.

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito e il codice fiscale del concorrente, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/attivita/altri_premi/bando_panizza. Ogni domanda completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.panizza@sif.it entro il 16 giugno 2014.

3) Alla domanda il concorrente dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:

- a) il curriculum vitae et studiorum;
- b) una breve relazione scientifica illustrante l'attività di ricerca svolta;
- c) l'elenco delle pubblicazioni;
- d) lettere di presentazione di 1-3 referees;
- e) ogni altro documento ritenuto utile ai fini del Concorso stesso.

4) Il ritardo nella presentazione o nell'arrivo della domanda con la relativa documentazione, qualunque ne sia la causa, anche non imputabile al candidato, comporterà l'inammissibilità dell'aspirante al Concorso.

5) Il vincitore sarà scelto da una Commissione scientifica nominata dal Consiglio di Presidenza della SIF. Il giudizio della Commissione è insindacabile.

6) Il premio verrà conferito in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, 22-26 Settembre 2014.

Borsa “Ettore Pancini”

Per onorare la memoria del Professor Ettore Pancini, la Società Italiana di Fisica, grazie al contributo del Dottor Roberto Mazzola, attribuisce ogni anno una borsa di € 5.000,00 (euro cinquemila) destinata a un giovane ricercatore che abbia ottenuto un risultato significativo nell'ambito delle sue ricerche sperimentali in Fisica Nucleare o Subnucleare.

Le norme di partecipazione al Concorso per l'anno 2014 sono le seguenti:

1) Sono ammessi al Concorso i laureati in Fisica (laurea specialistica/magistrale) di età non superiore ai 35 anni.

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito e il codice fiscale del concorrente, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/SIF/it/portal/attivita/altri_premi/bando_pancini. Ogni domanda completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo borsa.pancini@sif.it entro il 16 giugno 2014.

3) Alla domanda il concorrente dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:

- a) il curriculum vitae et studiorum;
- b) una breve relazione scientifica illustrante l'attività di ricerca svolta;
- c) l'elenco delle pubblicazioni;
- d) lettere di presentazione di 1-3 referees;
- e) ogni altro documento ritenuto utile ai fini del Concorso stesso.

4) Il ritardo nella presentazione o nell'arrivo della domanda con la relativa documentazione, qualunque ne sia la causa, anche non imputabile al candidato, comporterà l'inammissibilità dell'aspirante al Concorso.

5) Il vincitore sarà scelto da una Commissione scientifica nominata dal Consiglio di Presidenza della SIF. Il giudizio della Commissione è insindacabile.

6) La borsa verrà conferita in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Trieste, 22-26 Settembre 2014.

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
VIA SARAGOZZA 12
40123 BOLOGNA
TEL 051-331554 - FAX 051-581340
sif@sif.it - <http://www.sif.it/>

BOLOGNA, MARZO 2014

IL PRESIDENTE DELLA SIF
LUISA CIFARELLI



SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Premio “Guglielmo Marconi” per il trasferimento tecnologico

La Società Italiana di Fisica bandisce per l'anno 2014 un Concorso per promuovere il trasferimento tecnologico delle ricerche in Fisica, con lo scopo di incentivare e valorizzare le applicazioni industriali della Fisica e, conseguentemente, pubblicizzare il valore della Fisica nell'industria, incoraggiare la ricerca fisica nell'industria e promuovere la consapevolezza e l'interesse dei ricercatori sul ruolo della Fisica nello sviluppo dei prodotti commerciali. Le norme di partecipazione al Concorso sono le seguenti:

1) Il premio consiste in una targa di riconoscimento che verrà assegnata a una Ditta che negli ultimi cinque anni abbia conseguito o promosso, con ricerche svolte in collaborazione con università e/o istituti di ricerca, una significativa applicazione della Fisica a livello industriale e in un Premio dell'importo di € 2.000,00 (euro duemila) che verrà assegnato a due giovani, uno della Ditta medesima e l'altro dell'università o istituto di ricerca con cui è in atto la collaborazione ai fini del trasferimento tecnologico. I nomi dei due candidati dovranno essere segnalati dalla Ditta stessa.

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito, la partita IVA e/o il codice REA della Ditta candidata, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/attivita/altri_premi/bando_marconi. Ogni proposta completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.marconi@sif.it entro il 16 giugno 2014.

3) Alla domanda la Ditta dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:
a) una breve descrizione della ragione sociale della Ditta;
b) una relazione che illustri la specifica attività di ricerca e le relative applicazioni industriali prodotte o promosse dalla Ditta in collaborazione con l'università e/o enti di ricerca;
c) il curriculum vitae studiorum dei candidati;
d) una relazione che illustri le attività di ricerca e le relative applicazioni industriali prodotte o promosse dai candidati all'interno della Ditta;
e) ogni altro documento ritenuto utile ai fini del Concorso stesso.

4) Oltre alle autocandidature, saranno anche prese in esame proposte motivate, a favore di terzi, formulate come specificato al punto 2) da un Socio SIF e inviate entro il 16 giugno 2014 al Presidente della Società Italiana di Fisica.

5) Il ritardo nella presentazione o nell'arrivo della domanda con la relativa documentazione, qualunque ne sia la causa, anche non imputabile al candidato, comporterà l'inammissibilità della Ditta aspirante al Concorso.

6) La Ditta vincitrice sarà scelta da una Commissione nominata dal Consiglio di Presidenza della SIF. Il giudizio della Commissione è insindacabile.

7) Il premio verrà conferito in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, 22-26 Settembre 2014.

Premio per l'Outreach

Per promuovere la diffusione delle conoscenze di Fisica e la crescita della cultura scientifica del Paese, la Società Italiana di Fisica bandisce, per l'anno 2014, un Concorso per l'assegnazione di un premio dell'importo di € 2.000,00 (euro duemila). Le norme di partecipazione al Concorso sono le seguenti:

1) Il premio verrà assegnato a un laureato in Fisica (laurea specialistica/magistrale) che negli ultimi cinque anni abbia effettuato o promosso un'importante attività di diffusione della cultura scientifica.

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito e il codice fiscale del concorrente, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/attivita/altri_premi/bando_outreach. Ogni domanda (o proposta) completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.outreach@sif.it entro il 16 giugno 2014.

3) Alla domanda il concorrente dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:
a) il curriculum vitae et studiorum;
b) una relazione che illustri le attività di diffusione della cultura scientifica prodotte o promosse dal candidato;
c) lettere di sostegno di 1-3 referees;
d) ogni altro documento ritenuto utile ai fini del Concorso stesso.

4) Oltre alle autocandidature, saranno anche prese in esame proposte motivate, a favore di terzi, formulate come specificato al punto 2) da un Socio SIF e inviate entro il 16 giugno 2014 al Presidente della Società Italiana di Fisica.

5) Il ritardo nella presentazione o nell'arrivo della domanda con la relativa documentazione, qualunque ne sia la causa, anche non imputabile al candidato, comporterà l'inammissibilità dell'aspirante al Concorso.

6) Il vincitore sarà scelto da una Commissione nominata dal Consiglio di Presidenza della SIF. Il giudizio della Commissione è insindacabile.

7) Il premio verrà conferito in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, 22-26 Settembre 2014.

Premio per la Didattica o la Storia della Fisica

La Società Italiana di Fisica bandisce un Concorso per un premio di € 3.000,00 (euro tremila) con diploma, aperto a tutti i cultori o gruppi di cultori di Fisica, per realizzazioni didattiche nel campo della Fisica (libri, articoli, esperimenti, apparati sperimentali, ecc.) o per contributi in storia della Fisica. Le norme di partecipazione al Concorso sono le seguenti:

1) Le realizzazioni o i contributi devono presentare un particolare interesse o per l'originalità della concezione e dell'esecuzione o per la novità degli argomenti trattati.

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito e il codice fiscale del concorrente, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/attivita/altri_premi/didattica_storia. Ogni domanda (o proposta) completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.didattica_storia@sif.it entro il 16 giugno 2014.

3) Alla domanda il concorrente dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:
a) il curriculum vitae et studiorum;
b) una relazione che illustri le realizzazioni effettuate dal candidato nel campo della didattica della Fisica oppure che illustri il lavoro di storia della Fisica che intende presentare al Concorso;
c) lettere di presentazione di 1-3 referees;
d) ogni altro documento ritenuto utile ai fini del Concorso stesso.

4) Oltre alle autocandidature, saranno anche prese in esame proposte motivate a favore di terzi, formulate come specificato al punto 2) da un Socio SIF e inviate entro il 16 giugno 2014 al Presidente della Società Italiana di Fisica.

5) Il Consiglio di Presidenza della Società Italiana di Fisica attribuirà il relativo premio. Il Consiglio può prendere in considerazione anche realizzazioni di didattica o contributi di storia della Fisica che giudichi meritevoli del premio, ma i cui autori non abbiano fatto domanda di partecipazione (o non siano stati proposti). La decisione del Consiglio è inappellabile.

6) Il premio verrà conferito in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, 22-26 Settembre 2014.



SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Premio “Giuliano Preparata”

Per onorare la memoria del Professor Giuliano Preparata, la Società Italiana di Fisica, grazie al contributo dell'Associazione per la Fondazione “Giuliano Preparata”, attribuisce ogni anno un premio per un giovane laureato in Fisica dell'importo di € 1.000,00 (euro mille).

Le norme di partecipazione al Concorso per l'anno 2014 sono le seguenti:

1) Sono ammessi al Concorso coloro che abbiano conseguito una laurea specialistica/magistrale in Fisica presso una Università italiana dopo il 1° gennaio 2011, discutendo una tesi su un argomento di Fisica Teorica

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito e il codice fiscale del concorrente, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/attivita/altri_premi/bando_preparata. Ogni domanda completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.preparata@sif.it entro il 16 giugno 2014.

3) Alla domanda il concorrente dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:

- a) il curriculum degli studi universitari, rilasciato dall'Università dove si è laureato, comprovante le votazioni ottenute e la data del conseguimento della laurea;
- b) una breve relazione scientifica illustrante l'attività di ricerca svolta;
- c) l'elenco delle pubblicazioni;
- d) una lettera di presentazione;
- e) ogni altro documento ritenuto utile ai fini del Concorso stesso.

4) Il ritardo nella presentazione o nell'arrivo della domanda con la relativa documentazione, qualunque ne sia la causa, anche non imputabile al candidato, comporterà l'inammissibilità dell'aspirante al Concorso.

5) Il vincitore sarà scelto da una Commissione scientifica nominata dal Consiglio di Presidenza della SIF. Il giudizio della Commissione è insindacabile.

6) Il premio verrà conferito in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, 22-26 Settembre 2014.

Premio “Piero Brovetto”

Per onorare la memoria del Professor Piero Brovetto, la Società Italiana di Fisica, grazie al contributo della moglie Vera Maxia, attribuisce ogni anno per 3 anni un premio per un giovane laureato in Fisica dell'importo di € 1.500,00 (euro millecinquecento). Le norme di partecipazione al Concorso per l'anno 2014 sono le seguenti:

1) Sono ammessi al Concorso coloro che abbiano conseguito una laurea specialistica/magistrale in Fisica presso una Università italiana dopo il 1° gennaio 2011, discutendo una tesi su un argomento di Fisica Sperimentale della Materia.

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito e il codice fiscale del concorrente, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/attivita/altri_premi/bando_brovetto. Ogni domanda completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.brovetto@sif.it entro il 16 giugno 2014.

3) Alla domanda il concorrente dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:

- a) il curriculum degli studi universitari, rilasciato dall'Università dove si è laureato, comprovante le votazioni ottenute e la data del conseguimento della laurea;
- b) una breve relazione scientifica illustrante l'attività di ricerca svolta;
- c) l'elenco delle pubblicazioni;
- d) una lettera di presentazione;
- e) ogni altro documento ritenuto utile ai fini del Concorso stesso.

4) Il ritardo nella presentazione o nell'arrivo della domanda con la relativa documentazione, qualunque ne sia la causa, anche non imputabile al candidato, comporterà l'inammissibilità dell'aspirante al Concorso.

5) Il vincitore sarà scelto da una Commissione scientifica nominata dal Consiglio di Presidenza della SIF. Il giudizio della Commissione è insindacabile.

6) Il premio verrà conferito in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, 22-26 Settembre 2014.

Premio “Pietro Bassi”

Per onorare la memoria del Professor Pietro Bassi, la Società Italiana di Fisica, grazie al contributo della famiglia, attribuisce ogni tre anni un premio per un giovane che abbia lavorato nel campo sperimentale della Fisica Nucleare fondamentale dell'importo di € 2.000,00 (euro duemila).

Le norme di partecipazione al Concorso per l'anno 2014 sono le seguenti:

1) Ogni Socio può formulare per iscritto candidature tra giovani fisici Soci della Società Italiana di Fisica.

2) La domanda di ammissione al Concorso, recante le generalità, il recapito e il codice fiscale del concorrente, deve essere effettuata per le vie telematiche utilizzando l'apposito modulo scaricabile da http://www.sif.it/SIF/it/attivita/altri_premi/bando_bassi. Ogni domanda completa della relativa documentazione dovrà pervenire per posta elettronica all'indirizzo premio.bassi@sif.it entro il 16 giugno 2014.

3) Alla domanda il concorrente dovrà unire, sempre per le vie telematiche, i seguenti documenti:

- a) il curriculum vitae et studiorum;
- b) una breve relazione scientifica illustrante l'attività di ricerca svolta;
- c) l'elenco delle pubblicazioni;
- d) lettere di presentazione di 1-3 referees;
- e) ogni altro documento ritenuto utile ai fini del Concorso stesso.

4) Il ritardo nella presentazione o nell'arrivo della domanda con la relativa documentazione, qualunque ne sia la causa, anche non imputabile al candidato, comporterà l'inammissibilità dell'aspirante al Concorso.

5) Il vincitore sarà scelto da una Commissione scientifica nominata dal Consiglio di Presidenza della SIF. Il giudizio della Commissione è insindacabile.

6) Il premio verrà conferito in occasione del prossimo 100° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che si terrà a Pisa, 22-26 Settembre 2014.

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
VIA SARAGOZZA 12
40123 BOLOGNA
TEL 051-331554 - FAX 051-581340
sif@sif.it - www.sif.it

BOLOGNA, MARZO 2014

IL PRESIDENTE DELLA SIF
LUISA CIFARELLI

RESEARCH CENTER ON BOSE-EINSTEIN CONDENSATION



FRANCO DALFOVO, SANDRO STRINGARI

Dipartimento di Fisica, Università di Trento e BEC Center, Istituto Nazionale di Ottica, CNR, Trento, Italia

Con la prima realizzazione della condensazione di Bose Einstein in gas atomici, ottenuta in Colorado e al MIT nel 1995, lo studio degli atomi ultrafreddi è diventato un campo della fisica affascinante e straordinariamente attivo, capace di coinvolgere centinaia di ricercatori in tutto il mondo, sia sperimentali che teorici. Si tratta di un'area di ricerca che si trova al cuore della fisica quantistica e che è cresciuta, e sta tuttora crescendo, in molte direzioni interdisciplinari. In questi anni sono aumentati sia il numero di specie atomiche utilizzate che la gamma di tecniche innovative per la manipolazione degli atomi con la luce e con le forze elettriche e magnetiche. Lo studio dei gas atomici ultrafreddi sta aprendo nuovi orizzonti d'indagine. Le leggi fondamentali che governano i sistemi quantistici, dai *few-body* ai *many-body*, possono essere testate con grande precisione. La manipolazione di singoli atomi e il controllo dei loro stati quantistici ha raggiunto livelli tali da rendere concrete le aspettative di applicazioni importanti nell'interferometria, le misure di precisione, le simulazioni quantistiche. E tutto questo è stato possibile anche grazie alla forte sinergia tra fisici teorici e fisici sperimentali che caratterizza questo settore della fisica. Il centro BEC di Trento opera in questo quadro, avendo l'ambizione di porsi come uno dei punti di riferimento nel panorama internazionale, rafforzando la fisica degli atomi ultrafreddi in Italia, dove sono presenti anche altre competenze di rilievo come i laboratori di Firenze e di Pisa.

1 Storia

Il centro BEC di Trento è un'iniziativa congiunta del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e dell'Università di Trento. Fu fondato dall'Istituto Nazionale per la Fisica della Materia in Trento nel giugno 2002 in seguito a una selezione operata da un comitato di esperti internazionali. Il meeting di inaugurazione (<http://bec.science.unitn.it/infm-bec/activities/inauguration/>) ebbe luogo il 14-15 marzo del 2003. Nel 2006 l'INFM è diventato parte del CNR e nel 2010 il centro BEC è stato incorporato nell'Istituto Nazionale di Ottica (INO-CNR). Il Centro è ospitato dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Trento sulla base di una convenzione tra i due enti.

Gli scienziati che appartengono al centro BEC includono ricercatori del CNR e docenti dell'Università, insieme a un numeroso gruppo di studenti PhD e ricercatori di post-dottorato. Le attività del centro sono finanziate in parte dal CNR e in parte dall'Università e godono del sostegno finanziario della Provincia Autonoma di Trento sulla base di appositi accordi di programma. L'attività di ricerca è finanziata anche dal MIUR e da altre agenzie di finanziamento, sia italiane che europee, su progetti specifici.

La missione principale del Centro BEC di Trento è quella di contribuire allo sviluppo delle attività di ricerca nel campo dei gas ultrafreddi e dei sistemi quantistici affini, tramite lo sviluppo di modelli teorici e tecniche sperimentali, la pubblicazione di articoli scientifici, l'ampliamento della rete di collaborazioni nazionali e internazionali, l'organizzazione di eventi, workshop e conferenze. Una particolare attenzione è stata riservata in questi anni alla formazione di decine di giovani ricercatori che nel centro BEC hanno potuto trovare stimoli e competenze adeguate per la loro carriera. Questo ruolo formativo è favorito dalla contiguità con i corsi di laurea dell'Università di Trento e con la sua scuola di dottorato in fisica, a cui il centro BEC contribuisce finanziando borse e fornendo competenze per la didattica e le tesi. Un ruolo formativo altrettanto importante è svolto dall'apertura internazionale del Centro, sia per quanto riguarda la composizione stessa dei gruppi di ricerca, con numerosi dottorandi e assegnisti stranieri, sia per la circolazione di ricercatori provenienti da altri centri internazionali (circa 130 visiting scientists in un decennio, più di 450 seminari, una trentina di meeting internazionali). Anche grazie a questi fattori, il Centro ha rappresentato un incubatore di



carriera per vari ricercatori che hanno poi ottenuto posizioni permanenti all'estero.

Nei suoi primi dieci anni di attività, ma anche negli anni precedenti quando il Centro non era ancora una realtà strutturata ma era già caratterizzato da un'intensa attività scientifica nel settore, il Centro BEC ha effettivamente contribuito in maniera significativa allo sviluppo delle ricerche nel campo della fisica teorica dei gas e fluidi quantistici, avvalendosi anche della collaborazione di gruppi sperimentali in sedi diverse, a partire dal LENS di Firenze, e poi Pisa, JILA-NIST Boulder, ENS Paris, Innsbruck, Barcellona, Weizman Institute, solo per citarne alcuni. Dal 2002 il Centro ha pubblicato più di 400 articoli su riviste con referee e, proprio in questi giorni, ha raggiunto il traguardo dei 100 articoli pubblicati sulla rivista "Physical Review Letters".

Nel 2010 il Centro BEC ha deciso di fare un passo ulteriore puntando alla realizzazione di un proprio laboratorio di ricerche sperimentali sugli atomi ultrafreddi. Le motivazioni alla base di questa scelta sono molteplici. Un numero notevole di gruppi sperimentali sta crescendo in molti paesi del mondo nel campo dei gas ultrafreddi, ma solo pochi di questi operano in Italia, a Firenze e Pisa. Questo campo di ricerca sta ancora crescendo e non ci sono segnali di saturazione. In effetti gli atomi ultrafreddi si stanno rivelando uno strumento versatile per esplorare nuovi fenomeni fisici che spaziano dalla fisica atomica all'ottica quantistica, dalla meccanica statistica alla materia condensata. In questo contesto c'è ampio spazio per nuovi progetti sperimentali. Inoltre, l'avvio del laboratorio aumenta la visibilità e l'attrattività dell'area scientifica di Trento, stimolando nuove sinergie, aprendo nuove direzioni di ricerca e ampliando la rete delle collaborazioni. Con queste motivazioni e con il supporto del CNR, del Dipartimento di Fisica dell'Università e della Provincia di Trento, il progetto è decollato nell'ottobre 2010. Il primo condensato di Trento, ottenuto raffreddando atomi di sodio, è stato osservato nel dicembre 2012.

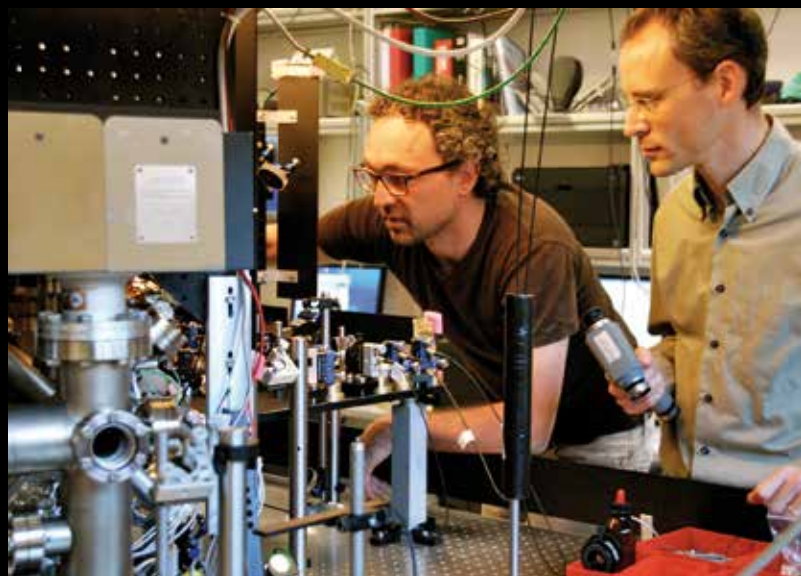
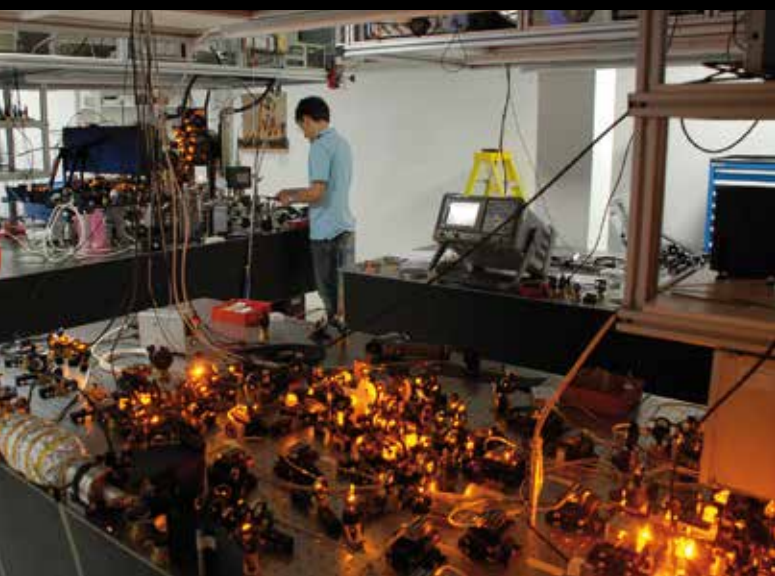
La prima campagna di misure ha portato nei mesi successivi all'osservazione e lo studio sistematico dei difetti (solitoni) creati spontaneamente nel condensato nel raffreddamento veloce attraverso la transizione di fase, come effetto del meccanismo di Kibble-Zurek. I risultati di questo lavoro sono stati pubblicati dalla rivista "Nature Physics" e sono stati selezionati per la copertina del fascicolo di ottobre 2013 (<http://www.nature.com/nphys/journal/v9/n10/covers/index.html>).

2 Le attività di ricerca

Le attività di ricerca si articolano secondo tre grandi linee, che si sviluppano in maniera flessibile e con significativi interscambi: la teoria dei gas e liquidi quantistici; la teoria dei fluidi di luce; gli esperimenti con atomi ultrafreddi.

Teoria dei gas quantistici.

I gas ultrafreddi sono l'archetipo di un'ampia classe di sistemi noti come fluidi quantistici. Sono diluiti e puri; possono essere confinati in geometrie differenti e con diversa dimensionalità (3D, 2D, 1D); le interazioni tra le particelle possono essere controllate e modificate ad hoc tramite campi esterni. Queste sono le ragioni per cui la teoria di questi sistemi è così ricca. È anche interdisciplinare in quanto molti concetti chiave vengono utilizzate anche in contesti differenti, come nella fisica dello stato solido, nei superconduttori, in elio superfluido, stelle di neutroni, sistemi fotonici e così via. L'attività teorica a Trento varia dalla descrizione dei gas di Bose diluiti usando la teoria di Gross-Pitaevskii all'implementazione di approcci a molti corpi più sofisticati per sistemi con forti correlazioni sia di tipo bosonico che fermionico. Vengono studiate sia le proprietà di equilibrio che le proprietà dinamiche di questi sistemi a temperatura zero e a temperatura finita. Particolare attenzione è dedicata agli effetti di superfluidità e di coerenza, allo studio delle miscele quantistiche, ai sistemi con interazioni a lunga



portata, ai problemi di bassa dimensionalità e ai reticoli ottici. I membri del centro BEC sono stati autori di una serie di articoli di rassegna e di monografie di grande impatto internazionale: “Theory of Bose-Einstein condensation in trapped gases”, F. Dalfovo, S. Giorgini, L. Pitaevskii, and S. Stringari, *Reviews Modern Physics* 71, 463 (1999); “Bose-Einstein Condensation” L. Pitaevskii and S. Stringari (Oxford University Press) 2003; *Theory of ultracold atomic Fermi gases*, S. Giorgini, L. Pitaevskii and S. Stringari, *Reviews of Modern Physics* 80, 1215 (2008); “The physics of dipolar bosonic quantum gases”, T. Lahaye, C. Menotti, L. Santos, M. Lewenstein, T. Pfau, arXiv:0905.0386, *Reports on Progress in Physics* 72, 126401 (2009).

Fluidi quantistici di luce.

Questa linea di ricerca punta allo studio delle nuove proprietà della luce in sistemi caratterizzati da grandi effetti di non-linearità ottiche dove sistemi con molti fotoni danno luogo a un comportamento dinamico molto ricco. Rispetto a sistemi a molti corpi più tradizionali, come l'elio e gli atomi ultrafreddi, la natura intrinseca di non-equilibrio del gas fotonico apre nuove prospettive di ricerca. Molti materiali possono essere utilizzati per questi studi, dai cristalli ottici non lineari nel regime di forte accoppiamento luce-materia, alle microcavità semiconduttrici, nonché circuiti QED nel dominio a microonde (per un recente articolo di rassegna su questi argomenti vedi: “Quantum Fluids of Light”, I. Carusotto and C. Ciuti, *Reviews of Modern Physics* 85, 299 (2013)). Gli obiettivi a lungo termine di questa linea di ricerca puntano ad esplorare nuovi stati esotici che possono essere generate nei fluidi quantistici di luce, nonché nuove applicazioni alle tecnologie basate sulla fotonica quantistica.

Esperimenti con gas atomici ultrafreddi.

Il laboratorio gas ultrafreddi si propone di studiare problemi aperti nel campo dei gas quantistici in forte interazione, di grande rilevanza sia per gli aspetti

fondamentali, sia per le ricadute applicative. In un percorso che porterà alla creazione di un gas quantistico di molecole di sodio-potassio caratterizzato da una forte interazione mediata dal dipolo elettrico delle molecole, il laboratorio si è già dotato di una miscela ultrafredda di atomi di sodio e potassio. Questo risultato intermedio, da cui successivamente si procederà verso la produzione di molecole di NaK ultrafredde, ha già permesso l'osservazione di difetti di fase in sistemi in principio omogenei come in condensati di Bose in cui per la prima volta è stato applicato, ai condensati di Bose-Einstein ed in modo quantitativo, il meccanismo di Kibble-Zurek inizialmente proposto in ambito cosmologico. Questo lavoro dimostra ancora una volta l'interdisciplinarietà con cui oggi è possibile applicare i metodi offerti dai gas ultrafreddi. I prossimi progetti di ricerca riguardano lo studio dei fenomeni di trasporto in configurazioni di bassa dimensionalità e l'accoppiamento coerente di condensati realizzati con stati atomici iperfini.

3 Prospettive

Il centro BEC di Trento punta al rafforzamento scientifico e istituzionale delle attività di ricerca anche tramite l'avvio di:

- Nuove collaborazioni scientifiche con laboratori di ricerca operanti nel territorio nazionale in vista di attività di rilancio di attività di ricerca nella fisica degli atomi ultrafreddi e dell'ottica quantistica, anche su base interdisciplinare, sia a livello nazionale che europeo.
- Nuove iniziative formative nell'area della “Quantum Science and Technology”, sia a livello del corso di laurea magistrale in fisica che del corso di dottorato in fisica, in sinergia con il Dipartimento di Fisica di Trento e con gli Istituti di Fisica della vicina Università di Innsbruck.
- Un nuovo assetto organizzativo, tramite il rafforzamento dell'accordo istituzionale tra Università di Trento e Consiglio Nazionale delle Ricerche.

PAGINE DI GALILEO GALILEI

In occasione del 450° anniversario della nascita di Galileo Galilei, il Nuovo Saggiatore pubblicherà in ogni suo numero del 2014 qualche piccolo esempio della grandissima opera del sommo scienziato.

La SIF organizzerà in occasione del suo 100° Congresso Nazionale, che si terrà a Pisa dal 22 al 26 settembre, uno spettacolo teatrale basato sulla lettura di pagine di Galileo Galilei, e di musiche del padre Vincenzo.

LE STELLE MEDICEE LA SCOPERTA DEI SATELLITI DI GIOVE

Le origini del cannocchiale non sono note. L'idea potrebbe risalire addirittura al 1508, a Leonardo, secondo una ricostruzione di D. Argentieri [1] ulteriormente discussa da V. I. Vavilov [2], ma non da tutti accettata. Certo è che nel 1593 Giovanni Battista Della Porta in "De refractione" scrive della combinazione di una lente positiva e di una negativa, ma non sviluppa punto l'idea. Ci sono notizie certe di un cannocchiale giunto in Olanda dall'Italia, recante impresso *anno 1590* [1],[3], e di cannocchiali costruiti in Olanda nei primi anni del '600 prodotti da occhialai. Si conoscono i nomi di tre di questi, Jacob Metius, Hans Lipperhey e Sacharias Janssen; i primi due presentarono richieste di brevetto, ma non la ottennero perché il dispositivo era già ben noto [3]. È curioso notare che in certi ambienti l'invenzione del cannocchiale è attribuita proprio a Lipperhey, che, tra i tanti non-inventori, fu patentato come tale. Si trattava comunque di giocattoli che non avevano né l'ingrandimento angolare né il potere risolutivo necessari ad uno strumento scientifico.

Nel maggio 1609 Galileo Galilei ha notizia del cannocchiale olandese, capisce di poterlo sviluppare come strumento scientifico e comincia a lavorarci. Senza supporto teorico, riesce, in particolare, a costruire una lente obiettivo di 38 mm di diametro "otticamente perfetta", con risoluzione cioè limitata dalla diffrazione. Ciò fu dimostrato dalla misura della MTF fatta all'Istituto Nazionale di Ottica sull'unica lente che ci è rimasta [4]. Comincia quindi ad osservare nel cielo cose che nessun altro aveva visto. Inizialmente chiama lo strumento "occhiale", o "cannone", o, in latino, "perspicillum".

a cura di
Alessandro Bettini

Adi 7. di Gennaio 1610 Giove si vedeva col Cannone con
 3. stelle fisse così * * * della quali se non il cannone
 niuna si vedeva. a di 8. appariva così * * * era dunque
 diretto et no retrogrado come pongono i calculatori.
 Adi 9. fu nugolo. a di 10. si vedeva così * * * ciò è con-
 giunto con la più occidentale sì che la occultava per quanto si può credere.
 Adi 11. era in questa guisa * * * et la stella più vicina
 a Giove era la metà minore dell'altra, et vicinissima all'altra
 dove che le altre sere erano le dette stelle appa-
 rite tutte tre di equal grandezza et trà di loro equalm[ente] lontane; dal che
 appare intorno a Giove esser 3. altre stelle erranti invisibili ad
 ogniuno sino a questo tempo.

"Adi 7 di Gennaio 1610 Giove si vedeva col cannone con 3 stelle fisse così
 ori. * * * occ. delle quali senza il cannone niuna si vedeva. a di 8. appariva
 così * * *. [Giove] era dunque diretto et no retrogrado come pongono i
 calculatori. [Cioè: se le stelline fossero state fisse e fosse stato Giove a muoversi, il
 suo moto sarebbe stato diretto, ma il calcolo indicava che in quel giorno dovesse
 essere retrogrado].

Adi 9 fu nugolo. a di 10 si vedeva così * * * ciò è congiunto con la più
 occidentale sì che la occultava per quanto si può credere.

Adi 11 era in questa guisa * * * et la stella più vicina a Giove era la metà
 minore dell'altra, et vicinissima all'altra dove che le altre sere erano le dette stelle
 appa-
 rite tutte tre di equal grandezza et trà di loro equalm[ente] lontane: dal che
 appare intorno a Giove esser 3 altre stelle erranti invisibili ad ogniuno sino a questo
 tempo."

La notte del 13 vide per la prima volta la quarta stella. A partire dal 16 le note
 sulle osservazioni diventano scritte in latino.

Appunti di Galilei dal 7 all'11 Gennaio 1611.
 Estratto da G. Galilei "Osservazione sui
 pianeti medicei", ff.30r-37v, in manoscritto
 cartaceo composito, contenente abbozzo
 autografo del Sidereus Nuncius, sec. XVII;
 Firenze BNC, Gal. 48, f.30r. Riprodotto per
 gentile concessione del Ministero dei Beni
 e delle Attività Culturali e del Turismo/
 Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze.
 (Ogni riproduzione è vietata).

Le prime osservazioni sono riportate nel "Sidereus Nuncius"
Apud Thomam Baglionum, Venetijs 1610

Die itaque septima Ianuarii, instantis anni millesimi sexcentissimi decimi, hora sequentis noctis prima, cum caelestia sydera per Perspicillum spectarem, Iuppiter sese obviam fecit; cumque admodum excellens mihi parasset instrumentum (quod antea ob alterius organi debilitatem minime contingerat), tres illi adstare Stellulas, exiguas quidem, veruntamen clarissimas, cognovi; quae, licet e numero inerrantium a me crederentur, nonnullam tamen intulerunt admirationem, eo quod secundum exactam lineam rectam atque Eclipticae parallelam dispositae videbantur, ac caeteris magnitudine paribus splendiores. Eratque illarum inter se ad Iovem talis constitutio.

or. ** ⊗ * occ.

ex parte scilicet orientali duae aderant Stellae, una vero occasum versus. Orientalior atque occidentalis, reliqua paulo maiores apparebant: de distantia inter ipsas et Iovem minime sollicitus fui; fixae enim, uti diximus primo, creditae fuerunt. Cum autem die octava, nescio quo fato ductus, ad inspectionem eandem reversum essem, longe aliam constitutionem reperi: erant enim tre Stellulae occidentales omnes a Iove, atque inter se quam superiori nocte viciniore, paribusque interstitiis mutuo dissepatae, veluti apposita praesefert delineatio.

or. ⊗ * occ.**

Hic, licet ad mutuam Stellarum appropinquationem minime cogitationem appulissem, haesitare tamen coepi, quonam pacto Iuppiter ab omnibus praedictis fixis posset orientior reperiri, cum a binis ex illis pridie occidentalis fuisset: ac proinde veritus sum ne forte secus a computo astronomico directus foret, ac propterea motu proprio Stellas illas antevrtisset. Quapropter maximo cum desiderio sequentem expectavi noctem; verum a spe frustratus fuit, nubibus enim undiquaque obductum fuit caelum.

At die decima apparerunt Stellae in eiusmodi ad Iovem positu:

or. ** ⊗ occ.

duae enim tantum, et orientales ambae, aderant; tertia, ut opinatus fui, sub Iove latitante. Erant pariter, veluti antea, in eadem recta cum Iove, ac iuxta Zodiaci longitudinem adamussim locatae. Haec cum vidissem, cumque mutationes consimiles in Iove nulla ratione reponi posse intelligerem, atque insuper spectatas Stellas semper easdem fuisse cognoscerem (nullae enim aliae, aut praecedentes, aut consequentes, intra magnum intervallum iuxta longitudinem Zodiaci aderant), iam ambiguitatem in admirationem permutans, apparentem commutationem, non in Iove, sed in Stellis adnotatis deposita esse comperi; ac proinde oculata et scrupolose magis deinceps observandum fore sum ratus.

Die itaque undecima eiusmodi constitutionem vidi

or. ** ⊗ occ.

Stellas scilicet tantum duas orientales; quarum media triplo distabat a Iove, quam ab orientiori, eratque orientior duplo fere maior reliqua, cum tamen antecedenti nocte aequales ferme apparuissent. Statutum ideo omnique procul dubio a me decretum fuit, tres in coelis adesse Stellas vagantes circa Iovem, instar Veneris atque Mercurii circa Solem

Dunque, il giorno sette gennaio dell'anno milleseicentodieci, a un'ora di notte, mentre osservavo gli astri celesti col cannocchiale mi si presentò Giove; e poiché mi ero preparato uno strumento proprio eccellente, vidi (e ciò prima non era accaduto per la debolezza dell'altro strumento) che gli stavano intorno tre Stelline, piccole ma lucentissime; le quali, quantunque le credessi del numero delle fisse, mi destarono meraviglia, perché apparivano disposte esattamente secondo una linea retta e parallela all'Eclittica, e più splendide delle altre di grandezza pari alla loro. La loro disposizione tra loro e rispetto a Giove era la seguente:

or. ** ⊗ * occ.

cioè due Stelle erano ad oriente, una a occidente. La più orientale e quella occidentale apparivano un po' più grandi della rimanente: non mi curai minimamente della loro distanza da Giove, perché, come ho detto, le avevo credute fisse. Quando, il giorno otto, non so da qual fato condotto, mi rivolsi di nuovo alla medesima ispezione, vidi una disposizione ben diversa: erano infatti le tre Stelline tutte occidentali rispetto a Giove, e più vicine tra loro che la notte antecedente e separate da eguali intervalli, come mostra il disegno seguente.

or. ⊗ * occ.**

A questo punto, non pensando assolutamente allo spostamento delle Stelle, cominciai a dubitare in qual modo Giove si potesse trovare più ad oriente di tutte le dette Stelle fisse, quando il giorno prima era ad occidente rispetto a due di esse. Ed ebbi il dubbio che Giove non fosse per caso diretto, diversamente dal calcolo astronomico, ed avesse col moto proprio oltrepassato quelle stelle. Per questo con gran desiderio aspettai la notte successiva: ma fui deluso nella mia speranza, perché tutto il cielo fu coperto di nubi.

Il giorno dieci le stelle mi apparvero in questa posizione rispetto a Giove:

or. ** ⊗ occ.

due cioè ce n'erano soltanto, ed entrambe orientali: stando la terza, come supposi, nascosta sotto Giove. Erano, come prima, sulla stessa retta con Giove, e poste esattamente secondo la linea dello Zodiaco. Visto ciò, e comprendendo che in alcun modo tali mutazioni si potevano attribuire a Giove e riconoscendo inoltre che le Stelle osservate erano sempre le stesse (nessun'altra infatti o precedente o seguente si trovava entro un grande intervallo sulla linea dello Zodiaco), mutando la perplessità in meraviglia, fui certo che l'apparente mutazione non era di Giove ma delle stelle da me scoperte; e per questo pensai di dovere da allora in poi proseguire l'osservazione con maggiore attenzione e scrupolosità.

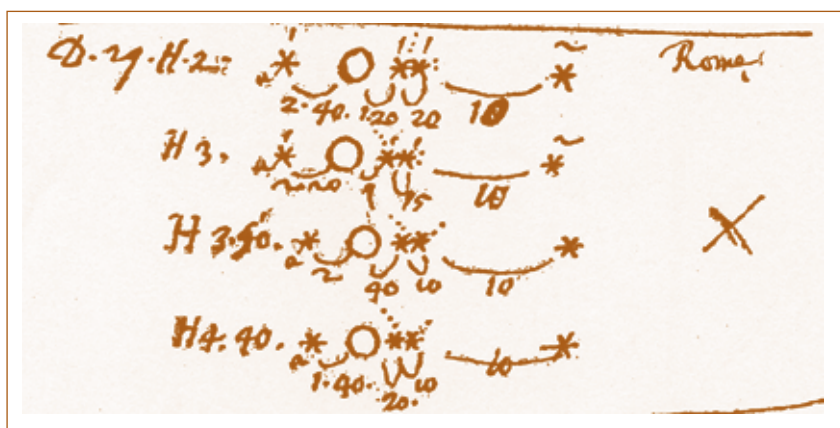
Il giorno undici vidi questa disposizione:

or. ** ⊗ occ.

cioè solo due Stelle ad oriente, di cui quella di mezzo distava da Giove il triplo che dalla stella più a oriente: questa era quasi il doppio dell'altra, quantunque la notte antecedente fossero apparse circa uguali. Stabili dunque e conclusi fuor d'ogni dubbio esserci in cielo tre Stelle vaganti attorno a Giove, come Venere e Mercurio attorno al Sole.

Galilei non assunse inizialmente l'ipotesi che i satelliti si muovessero in orbite circolari attorno a Giove, ma ne determinò le traiettorie sperimentalmente.

Lo strumento che aveva realizzato gli permetteva di risolvere le immagini dei satelliti e di Giove fino a qualche secondo d'arco. Lo si può vedere in esempi nelle sue registrazioni. La figura riporta quattro osservazioni del 19 marzo 1611 (Edizione Nazionale Vol. III, parte 2, pag. 442). Le distanze tra i satelliti sono in primi e secondi, tranne quelle minori, che sono in secondi. Le immagini, alle 3.50 e alle 4.40, sono ancora risolte a 10".



Giove e i suoi satelliti, la notte del 19 marzo 1611 osservati a quattro ore diverse della notte da Galilei a Roma. Estratto da G. Galilei "Osservazione e calcoli sui quattro Satelliti di Giove", 1610-1619, in manoscritto cartaceo composito, contenente appunti autografi di Astronomia; Firenze BNC, Gal. 49, f.75v. Riprodotto per gentile concessione del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e edl Turismo/ Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze. (Ogni riproduzione è vietata).

Misurare i periodi era molto difficile, impossibile secondo Keplero, perché i quattro satelliti hanno la stessa luminosità e lo stesso colore e non sono quindi distinguibili tra loro. Galileo ci riuscì già nel 1611 e pubblicò l'anno dopo nel "Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono" i primi valori, che sono già prossimi, entro lo 0.3%, a quelli moderni.

Quanto alle distanze angolari, Galilei non aveva ancora una scala calibrata, ma aveva già determinato i raggi delle orbite in valori relativi al raggio del corpo di Giove a meglio dell'1%.

Verso la fine di quell'anno Galilei scopre che per ottenere un'esatta corrispondenza tra posizioni osservate e calcoli è necessario tener conto del moto della Terra. Non risulta però che Galilei abbia mai rivendicato questa fortissima prova del sistema eliostatico.

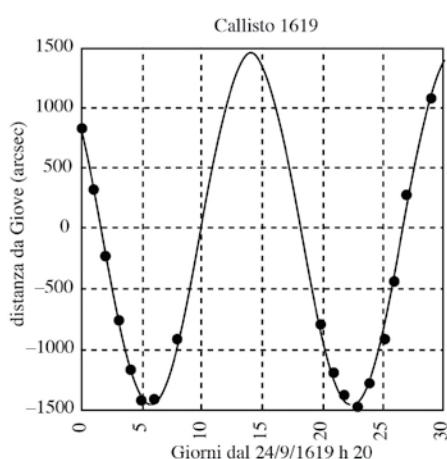
Egli continua, notte dopo notte, sino al novembre del 1619, quando glielo consentivano le condizioni astronomiche e atmosferiche e quelle della sua salute, ad osservare e a riportare le misure e i calcoli in quaderni e fogli. Sono stati editi da A. Favero e riprodotti nell'Edizione Nazionale (Vol. III, parte II, 1931), dove occupano quasi 150 pagine.

Ma a Galilei non bastava. Doveva migliorare la precisione anche per scopi pratici: cercava un metodo per la misura della longitudine in mare. Fa una seconda invenzione, il micrometro, con cui si sovrappone l'immagine vista col cannocchiale ad un reticolo visto direttamente con l'altro occhio. Lo utilizza a partire dal 31 Gennaio 1612.

"Discorso intorno alle cose, che stanno in sù l'acqua, ò che in quella si muovono"
 appresso Cosimo Giunti, Firenze 1612

"[...] quanto l'investigazion de' tempi delle conversioni di ciaschedun de' quattro Pianeti Medicei intorno a Giove, la quale mi succedette l'aprile dell'anno passato 1611, mentre era in Roma; dove finalmente m'accertai, che 'l primo, e più vicino a Giove, passa del suo cerchio gradi 8 e m. 29 in circa per ora, facendo la 'ntera conversione in giorni naturali 1 e ore 18 e quasi meza. Il secondo fa nell'orbe suo g. 4, m. 13 prossimamente per ora, e l'intera rivoluzione in giorni 3, or. 13 e un terzo incirca. Il terzo passa in un'ora gr. 2, m. 6 in circa del suo cerchio, e lo misura tutto in giorni 7, ore 4 prossimamente. Il quarto, e più lontano degli altri, passa in ciaschedun'ora gr. 0, m. 54 e quasi mezo, del suo cerchio, e lo finisce tutto in giorni 16, or. 18 prossimamente. Ma perché la somma velocità delle loro restituzioni richiede una precisione scrupolosissima per li calcoli de' luoghi loro ne' tempi passati e futuri, e massimamente se i tempi saranno di molti mesi o anni, però mi è forza con altre osservazioni, e più esatte delle passate, e tra di loro più distanti di tempo, corregger le tavole di tali movimenti, e limitargli sino a brevissimi stanti. Per simili precisioni non mi bastano le prime osservazioni, non solo per li brevi intervalli di tempi, ma perché, non avendo io allora ritrovato modo di misurar con istrumento alcuno le distanze di luogo tra essi pianeti, notai tali interstizi con le semplici relazioni al diametro del corpo di Giove, prese, come diciamo, a occhio, le quali, benché non ammettano errore d'un minuto primo, non bastano però per la determinazione dell'esquisite grandezze delle sfere di esse stelle. Ma ora che ho trovato modo di prender tali misure senza errore anche di pochissimi secondi, continuerò l'osservazioni sino all'occultazion di Giove; le quail dovranno essere a bastanza per l'intera cognizione de' movimenti e delle grandezze de' gli orbi di essi Pianeti, e di alcune altre conseguenze."

Galilei riesce a calibrare la scala delle distanze angolari. Possiamo controllare se la precisione è quella dichiarata sulle sue misure riportate dall'Edizione Nazionale. Consideriamo, ad esempio, due periodi di osservazione dal 24/9 al 3/10 e dal 14/10 al 24/10 del 1619. Troviamo la sinusoide che meglio si adatta ai dati. Per Callisto, mostrato in figura, lo scarto quadratico medio è di 10", per Ganimede di 6.5". Come dichiarato, l'errore di misura è effettivamente di pochi secondi.



Misure sulla posizione di Callisto del 1619 [5].

[1] D. Argentieri, *L'opera di Leonardo*, nel volume *"Leonardo da Vinci"*, edizione curata dalla mostra leonardesca di Milano, 1939, p. 405. Anche in *"Leonardo da Vinci"*, (Istituto Geografico de Agostini) 1956.

[2] V. Ronchi, *"Galileo e il cannocchiale"* (IDEA, Udine) 1942

[3] S. I. Vavilov, *"Galileo in the history of optics"*, *Usp. Fiz. Nauk*, 83 (1964) 583. English version: *Sov. Phys. Usp.*, 7 (1965) 596.

[4] V. Greco, G. Molesini, F. Quercioli; *Nature* 358 (1992) 101, *Appl. Optics* 32 (1993) 6219

[5] A. Bettini, *"Il metodo sperimentale"* Atti e Memorie dell'Accademia Galileiana di Scienze, Lettere ed Arti, 116, parte 2 (2003-4) 3.

IL NUOVO CIMENTO 150, 100, 50 ANNI FA

150 ANNI FA

Pacinotti descrive la sua invenzione della dinamo con spire disposte simmetricamente, chiuse su se stesse e connesse alle barre di un commutatore. Le spazzole fornivano una corrente praticamente costante. Pacinotti aveva precedentemente scoperto la reversibilità dinamo-motore.

Da "Descrizione di una macchinetta elettro-magnetica" di A. Pacinotti; Il Nuovo Cimento 19 (1864) 370.

Nel 1860 ebbi occasione di far costruire per conto del Gabinetto di Fisica Tecnologica dell'Università di Pisa un modelletto di macchina elettro-magnetica da me immaginata, e che ora mi risolvo a descrivere specialmente per far conoscere una elettro-calamita di genere particolare usata nella costruzione di quella, la quale oltre la novità che presenta, mi sembra adatta a dar maggior regolarità e costanza di azione in tali macchine elettro magnetiche, come anche la sua forma mi sembra conveniente per raccogliere la somma delle correnti indotte in una macchina magneto-elettrica [...].

Per costruire su tale principio la elettro-calamita [...] presi un anello di ferro tornito, avente a guisa di rota 16 denti uguali, come sono accennati nella figura 1^a (Tav. IV). Questo anello è sostenuto da quattro raggi *aaaa* (fig. 4) che lo uniscono all'asse della macchina. Tra dente e dente dei piccoli prismi triangolari *m* (fig. 1. e 4.) di legno lasciano incavati, entro i quali avvolgiamo del filo di rame coperto di seta [...].

100 ANNI FA

L'analogo dell'effetto Zeeman in campo elettrico fu scoperto nel 1913 da A. Lo Surdo, che presentò i primi risultati al congresso della SIF a Pisa in quell'autunno, e, indipendentemente poche settimane dopo, da J. Stark. L'effetto Stark-Lo Surdo consiste nella separazione delle righe spettrali di un gas in multipletti quando il esso si trova in un campo elettrico intenso (10^6 – 10^7 V/m). Lo Surdo utilizzò un tubo di scarica molto sottile (1.5 mm), in cui lo spazio catodico oscuro, dove si verifica quasi tutta la caduta di potenziale, è molto breve, ed è quindi grande il campo elettrico. [c.f.r. anche M. Leone, A. Paoletti, N. Robotti; Phys. Perspect. 6 (2004) 271-294].

Da "Su l'analogo del fenomeno di Zeeman: le varie righe della serie di Balmer presentano diverse forme di scomposizione" di A. Lo Surdo; Il Nuovo Cimento 7 (1914) 347.

Nota presentata all'Accademia dei Lincei nella seduta del 18 gennaio 1914

Le prove da me fatte allo scopo di osservare, secondo la direzione della forza elettrica, la scomposizione delle righe spettrali dell'idrogeno davanti al catodo, mi permisero di stabilire ben nettamente che la H_γ si presenta risolta in una tripla di luce naturale corrispondente alla tripla interna di vibrazioni perpendicolari al campo, dell'effetto trasversale. La H_β dava invece un risultato poco chiaro; e nasceva quindi la necessità di adattare le condizioni dell'esperienza specialmente a questa riga.

Pervenni ad un risultato inatteso. La H_β si presenta come doppia in luce naturale; mentre era da aspettarsi che anche per questa riga si vedesse una tripla corrispondente a quella dell'osservazione trasversale, secondo le esperienze di Stark e quelle da me pubblicate.

Lo Surdo procedette quindi a perfezionare le condizioni sperimentali e:

Ebbene, in queste condizioni più opportune la H_γ si mostrò nettamente in due doppie: la solita doppia esterna da vibrazioni parallele al campo [...] e una doppia interna di vibrazioni perpendicolari al campo.

50 ANNI FA

L'ipotesi delle onde gravitazionali fu pubblicata per la prima volta da H. Poincaré il 5 giugno 1905, nella sua memoria "sur la Dynamique de l'Electron" all'Accademia delle Scienze di Parigi. Nella teoria della relatività che stava presentando, qualche settimana prima di Einstein, la teoria della gravitazione di Newton doveva necessariamente essere modificata, includendo le onde gravitazionali, per evitare azioni a distanza istantanee. Nel 1916 A. Einstein formulò l'equazione delle onde gravitazionali e ne discusse le proprietà nella sua teoria della relatività generale.

Quest'articolo suggerisce per la prima volta l'esistenza di onde gravitazionali "fossili", conseguenza del big bang.

Da "On the Gravitational Radiation of Microscopic Systems" di L. Halpern e R. Laurent; Il Nuovo Cimento 33 (1964) 728.

There exists also the possibility that the conditions at some earlier stage of development of the universe were suitable to produce strong gravitational radiation. Because of its very weak interaction with matter, this would remain undisturbed.

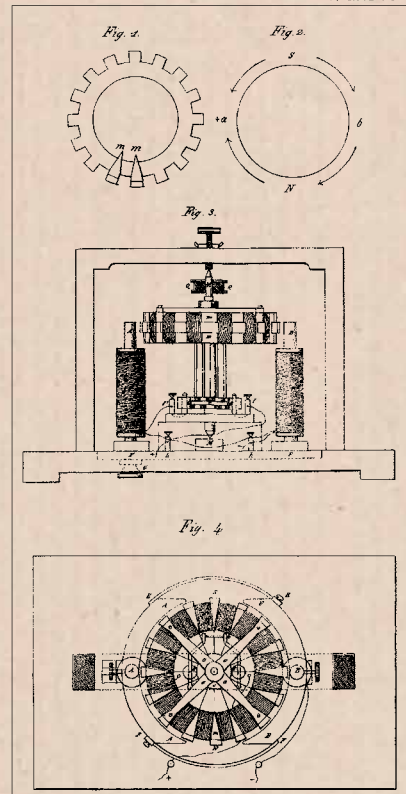
Gli autori discutono, per la prima volta, al § 4 le onde gravitazionali di alta frequenza HFGW. Il § 6 è intitolato "Induced emission of gravitons". La fantasia degli autori immagina, in analogia con il LASER per le onde elettromagnetiche, la possibilità di un "GASER" capace di generare HFGW.

Simply described, the GASER consists of a long rod of a material the microscopical parts of which can be excited by external means and subsequently emit gravitons.

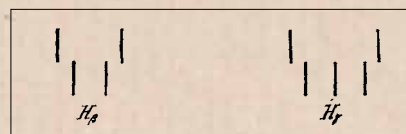
Ma purtroppo:

As we do not know any material that appreciably reflects gravitational waves, no mirrors can be used in the GASER and the emission will have to take place in one direction only.

Vol. LXX Tav. IV



Tav. IV. Surdoni 1914



a cura di
Alessandro Bettini

THE EPS HISTORIC SITES: A SERIES OF SUCCESS STORIES IN ITALY AND ACROSS EUROPE



The Historic Sites initiative of the European Physical Society (EPS) started in 2011. It was inspired by the American Physical Society (APS) which launched in 2004 this nice idea. On the APS website, one can read: *"The purpose of the Historic Sites initiative is to raise public awareness of physics. Unexpected encounters with an attractive plaque that identifies an important and interesting event in the history of physics will be an effective way of getting physics before the general public. The initiative will also benefit physicists by increasing their own awareness of important past scientific advances, hence of their membership in the historic evolution of their profession."*

Having this in mind, an analogous initiative was started by the EPS on the other side of the Atlantic. An EPS Historic Sites (HS) Committee was created at the end of 2011 with the following composition: Luisa Cifarelli¹ – Chair, Martin Huber², Maciek Kolwas³, Ove Poulsen⁴, Peter Maria Schuster⁵ and Fritz Wagner⁶. Observers: Alan Chodos (APS) and Giovanni Volpe (EPS Young Minds).

Until December 2013, 40 proposals of Historic Sites were received, either spontaneous or channelled through some of the National Member Societies of the EPS. Let us recall that proposals can be made at any time from the EPS web site:

http://www.eps.org/?page=distinction_sites.

The HS Committee examines the proposals typically three times per year.

Out of the 42 nominations received, 40 different sites were actually proposed due to overlapping nominations of the same sites in two cases. Until March 2014, 38 proposals of EPS Historic Sites were accepted and concern the following 18 Countries (one of them outside geographical Europe): Austria, Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Denmark, France, Germany, Hungary, Italy, India, The Netherlands, Poland, Russia, Serbia, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom.

So far, 14 EPS Historic Sites have been inaugurated:

1. The Goldfish Fountain of the Physics Institute of Panisperna Street – Fermi Centre, Rome, Italy, 20 April 2012
2. Laboratory "Les Cosmiques", Col du Midi, Chamonix, France, 23 July 2012
3. Hoża 69, Warsaw, Poland, 10 January 2013
4. The Study of Bruno Pontecorvo – JINR, Dubna, Russia, 22 February 2013

5. The Hill of Arcetri, Florence, Italy, 17 May 2013
6. The Villa Griffone in Pontecchio Marconi, Bologna, Italy, 26 May 2013
7. The Observatory of Tycho Brahe, Hven Island, Landskrona, Sweden, 11 September 2013
8. The LAL-LURE Accelerator Complex, Orsay, Paris, France, 13 September 2013
9. PTB, Formerly PTR, The National Metrology Institute, Berlin, Germany, 8 October 2013
10. The Cathedral, Kamien Pomorski, Poland, 11 October 2013
11. The Neutrino Experiment at MTA Atomki, Debrecen, Hungary, 25 October 2013
12. The Niels Bohr Institute, Copenhagen, Denmark, 3 December 2013
13. The AdA Storage Ring at the INFN Frascati National Laboratory, Frascati, Rome, Italy, 5 December 2013
14. The European Birthplace of the Atomic Timekeeping – NPL, Teddington, UK, 31 January 2014.

Already scheduled inaugurations in 2014 are the following:

- The Fabra Observatory, Barcelona, Spain, 9 May 2014
- The Synchro-Cyclotron, SC – CERN, Geneva, Switzerland, 19 June 2014
- The Study of Georgi Nadjakov – Institute of Solid State Physics, Sofia, Bulgaria, 23 May 2014.
- The Hotel Métropole, Brussels, Belgium, 8 October 2014.

In case more can be added along the year. For each inauguration event, a plaque is unveiled in the presence of the local representatives and authorities. The EPS President or his representative (Past President or Member of the EPS Executive Committee or Member of the EPS HS Committee) attends the ceremony. For each ceremony, a news is published right away in the electronic newsletter e-EPS (www.epsnews.eu) and on the EPS web site, and an extended article is published afterwards in the EPS magazine EPN (Europhysics News).

The EPS Historic Sites initiative has been until now a series of success stories: while stamping significant places for the history and the progress of physics, it provides visibility to physics and to the physics community and, at the same time, enhances some spirit of belonging to the EPS. The initiative moreover testifies the determination – since 1968, when the EPS was founded – of European scientists towards strengthening the cultural unity of science in Europe, without geographical and political borders. Finally it definitely boosts the awareness that not only "artistic cultural" heritage as well as "natural" heritage should be preserved for humankind but also "scientific cultural" heritage.

¹ EPS President (2011-2013). ² EPS President (2003-2005). ³ EPS President (2009-2011). ⁴ EPS President (2005-2007). ⁵ Chair of the EPS History of Physics Group. ⁶ EPS President (2007-2009).

The Goldfish Fountain - Rome

EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY – EPS HISTORIC SITE THE GOLDFISH FOUNTAIN OF THE PHYSICS INSTITUTE OF PANISPERNA STREET – FERMI CENTRE

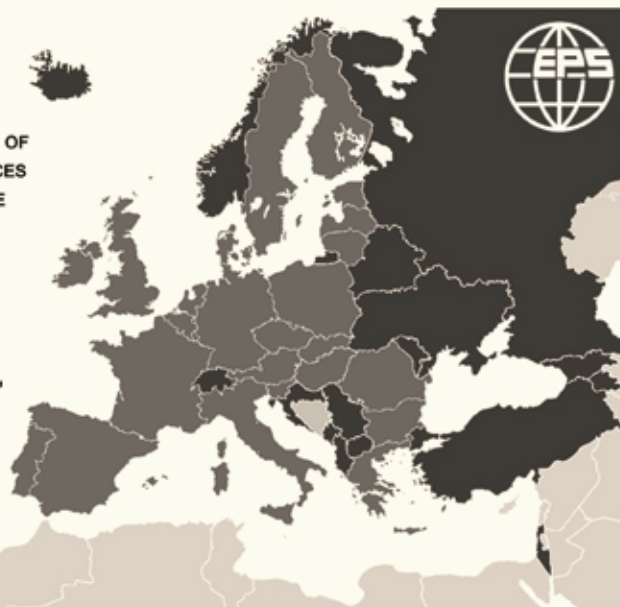
USING THE WATER OF THE GOLDFISH FOUNTAIN OF HIS INSTITUTE,
ENRICO FERMI ESTABLISHED FOR THE FIRST TIME, IN THE AFTERNOON OF
22 OCTOBER 1934, THE CRUCIAL ROLE OF HYDROGENOUS SUBSTANCES
ON NEUTRON INDUCED RADIOACTIVITY, THUS OPENING THE WAY TO THE
USE OF SLOW NEUTRONS IN NUCLEAR FISSION CHAIN REACTIONS

SITO STORICO DELLA SOCIETÀ EUROPEA DI FISICA – EPS LA FONTANA DEI PESCI ROSSI DELL'ISTITUTO FISICO DI VIA PANISPERNA – CENTRO FERMI

USANDO L'ACQUA DELLA FONTANA DEI PESCI ROSSI DEL SUO ISTITUTO,
ENRICO FERMI STABILÌ PER LA PRIMA VOLTA, NEL POMERIGGIO DEL
22 OTTOBRE 1934, IL RUOLO CRUCIALE DELLE SOSTANZE
IDROGENATE NELLA RADIOATTIVITÀ INDOTTA DA NEUTRONI, APRENDO
COSÌ LA STRADA ALL'USO DEI NEUTRONI LENTI NELLE REAZIONI DI
FISSIONE NUCLEARE A CATENA

ROMA – 20 APRILE 2012

ALLA PRESENZA DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA G. NAPOLITANO



In Italy, four EPS Historic Sites have been established, starting from the first one ever, on 20 April 2012. This was “Enrico Fermi fountain” at the Physics Institute of Panisperna Street, in Rome. The Institute, which is presently being refurbished, will be the venue of the “Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi” (Centro Fermi).

Located in the Institute’s garden, the “Fermi fountain” – the restoration of which has already been completed – is the famous goldfish pond that Enrico Fermi used, establishing for the first time, on 22 October 1934, the importance of hydrogen-rich substances, like water, in slowing down fast neutrons for nuclear fission reactions. This fountain has acquired a crucial and symbolic relevance in the history of physics.

The ceremony was undertaken in the presence of the President of the Italian Republic, Giorgio Napolitano; the then Minister of the Interior, Annamaria Cancellieri; the then Minister of Cultural Heritage and Activities, Lorenzo Ornaghi; and the then Undersecretary of State for Education, University and Research, Elena Ugolini. A keynote speech detailing the fundamental scientific research undertaken in the nineteen thirties by Enrico Fermi, at the Institute of Panisperna Street, in Rome, was delivered by Antonino Zichichi, former President of the EPS (1978-1980) and of Centro Fermi. The crucial and symbolic importance of the “Fermi fountain” in the history of physics was highlighted in his address. A commemorative marble plate was unveiled, designating the fountain as a Historic Site of the European Physical Society.



Fermi Fountain at the Physics Institute of Panisperna Street in Rome (courtesy of D. Lee).

The Hill of Arcetri - Florence

On 17 May 2013, a new EPS Historic Site was inaugurated in Florence. The site is the “Hill of Arcetri”, rich in buildings of considerable historical and scientific interest:

- the former Institute of Physics where, in 1926 Enrico Fermi wrote his fundamental work on the statistics that bears his name, and where young Gilberto Bernardini, first President and founder of the EPS, made his debut as a physicist;
- the National Institute of Optics, built in 1927;
- the Astrophysical Observatory of Arcetri, built in 1872;
- “Villa Il Gioiello” where Galileo Galilei spent the last years of his life, from 1631 to 1642, and finished writing his fundamental work: “Discourses and Mathematical Demonstrations relating to Two New Sciences”.

The ceremony took place at the Institute of Physics, in the presence of local authorities from the University of Florence, the Italian National Research Council (CNR), the Italian National Institute of Nuclear Physics (INFN), and the Italian National Institute of Astrophysics (INAF).

The EPS Historic Site plaque was unveiled in the presence of local authorities, in particular the Rector of the University of Florence, Roberto Tesi. All the participants have been then invited to a guided tour of Galilei’s Villa, the last enchanting residence of the great man, which now belongs to the University of Florence as a prestigious venue for meetings and workshops.



Tuscan countryside view from Villa Il Gioiello, Hill of Arcetri, Florence (courtesy of L. Cifarelli).



Inner courtyard of Villa Il Gioiello, Hill of Arcetri, Florence (courtesy of L. Cifarelli).

Villa Griffone - Pontecchio Marconi, Bologna

On 26 May 2013, the third Italian EPS Historic Site was inaugurated in Pontecchio di Sasso Marconi (Bologna). The site is "Villa Griffone", located on the hills nearby Bologna, a beautiful residence, which belonged to the Marconi family. The inauguration of this historic site was meant to pay a tribute to the very early experimental physics work of Guglielmo Marconi. Aged only 21, in 1895 he succeeded to establish the first long-range electromagnetic wave communication between the loft of the Villa and a place out of sight behind a hill 2 km away, using a transmitter and receiver that he had personally made. This was the start of the wireless era.

Villa Griffone today is the venue of the Guglielmo Marconi Foundation and Marconi Museum.

The ceremony, which coincided with the closure of a popular annual festival on wireless communications, called "Marconi Radio Days", took place in the Aula Magna of Villa Griffone, in the presence of local authorities: the Mayor of Sasso Marconi, the Pro Vice-Chancellor of the University of Bologna, and Councillors of the Province of Bologna and of the Region Emilia-Romagna.

After the unveiling of the traditional EPS Historic Site plaque, a special lecture was delivered by former EPS President Antonino Zichichi. Finally, everybody was invited in the magnificent park surrounding the Villa to attend an exquisite presentation of music and acting: "Notes on Marconi".



Villa Griffone at Pontecchio di Sasso Marconi, Bologna (courtesy of L. Cifarelli).



A. Zichichi, G. Falciasacca, F. Palmonari and L. Cifarelli unveiling the EPS Historic Site plaque (courtesy Fondazione Marconi).

The AdA Storage Ring at INFN LNF - Frascati

Finally, on 5 December 2013, the Frascati National Laboratory (LNF) of INFN was marked as an EPS Historic Site to recognize the significance of the storage ring AdA (Anello di Accumulazione), the first ever particle-antiparticle collider and the first electron-positron storage ring. It was built at the LNF in 1961 by a small team of Italian physicists led by the Austrian theorist Bruno Touschek.

AdA was designed to store beams of 250 MeV energy. By 1962 it had stored electrons, and it was soon transferred from Frascati, Italy, to Orsay, France, at the Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (LAL), where it was tested with the laboratory's powerful particle injector and provided the first e^+e^- collisions in 1963. Operated for four years before dismantling, AdA was never used to collect physics data. But this small machine enabled a new chapter of accelerator physics which was to change the course of particle physics in the following decades.

The ceremony, chaired by LNF Director, took place in the presence of the Mayor of Frascati, the Councillor for Economic Development of Lazio Region, and distinguished physicists, such as Nobel Laureate Samuel C.C. Ting. During the ceremony, Giorgio Salvini, LNF Director in 1961 and former Minister of University and Research in Italy at the end of last century, gave a personal recollection of the main steps of the AdA endeavour.

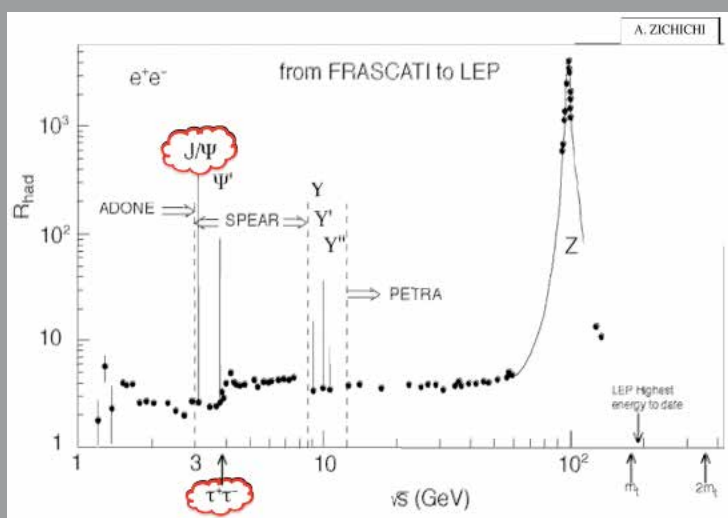
INFN President, Fernando Ferroni, after recalling the glorious evolution of the LNF with AdA's successor electron-positron colliders, namely ADONE and DAPHNE, pointed out how important was and still is the collider energy, a key parameter to harvest discoveries "as Zichichi had indeed understood at the time of ADONE".

During the ceremony the strong links between the INFN and the EPS were also recalled, with two INFN Presidents, Gilberto Bernardini and Antonino Zichichi, who had also served as EPS Presidents. And everybody felt that this EPS Historic Site award was not only an acknowledgement of the glorious past of the LNF but also as a sign of good auspice for its future.

* See the article distributed during the ceremony: "AdA, ADONE, J/ψ and the 3rd Lepton", A. Zichichi, 5 December 2013 (http://www.ccsem.infn.it/em/zichichi/Frascati_publication.pdf)



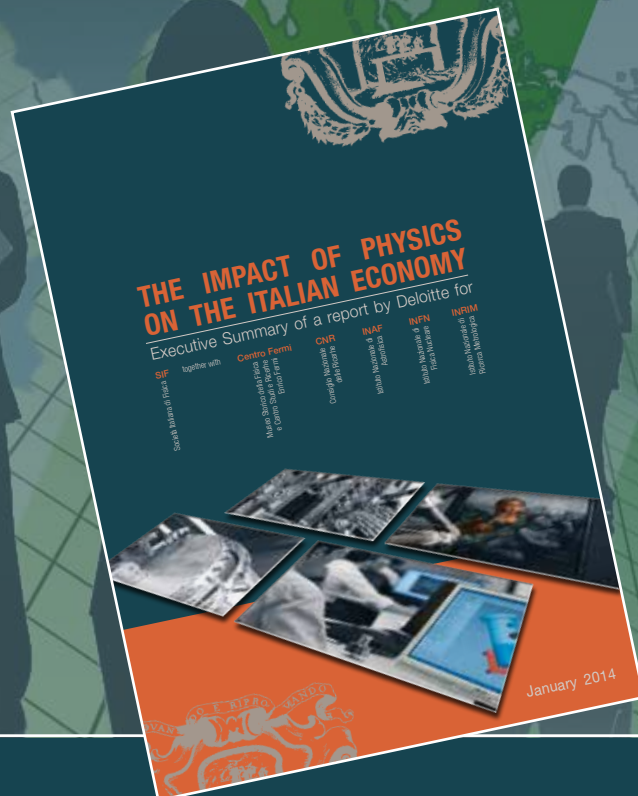
AdA (Anello di Accumulazione) at Frascati INFN Laboratory (LNF) (courtesy of INFN).



R_{had} cross-section ratio versus centre-of-mass energy in e^+e^- collisions.

Luisa Cifarelli
Chair of the EPS Historic Sites Committee

RAPPORTO SULL'IMPATTO DELLA FISICA NELL'ECONOMIA ITALIANA



Nel 2013 la Società Italiana di Fisica, in collaborazione con alcuni dei maggiori Enti di Ricerca italiani a cui la comunità dei fisici afferisce, ha deciso di realizzare uno studio sull'apporto nell'economia italiana dei settori economici "basati sulla fisica", ossia quei settori la cui esistenza – in termini di tecnologie o competenze – dipende criticamente dalla fisica. In altre parole, quei settori che senza la fisica o le tecnologie da essa derivate non esisterebbero affatto.

Lo studio è stato commissionato dalla Società Italiana di Fisica alla ditta Deloitte, nota realtà di consulenza manageriale, con una rete di servizi professionali distribuita in ben 150 nazioni.

Questo studio segue a ruota quello pubblicato nel 2013 dalla Società Europea di Fisica, "The importance of physics to the economies of Europe", concernente un'analisi piuttosto simile effettuata dalla Cebr (Centre for Economics and Business Research) su 29 nazioni europee tra cui l'Italia.

Lo studio dettagliato della Deloitte esamina il contributo della fisica all'economia italiana nel quadriennio 2008-2011 (essendo il 2011 l'ultimo anno per il quale dati relativi all'Italia sono stati resi pubblicamente disponibili)

e pone in evidenza come i settori basati sulla fisica possono giocare un ruolo importante nel nostro Paese per generare crescita economica e benessere.

Lo studio è basato su una specifica selezione di parametri e indicatori e rappresenta la prima analisi economica indipendente di questo genere fatta solo per l'Italia.

La scelta delle realtà industriali ed economiche che possono essere considerate "basate sulla fisica" è stata accuratamente concordata coi principali interlocutori. I diversi settori individuati sono poi stati identificati secondo il codice NACE (Nomenclature des Activités économiques dans la Communauté Européenne) che definisce la terminologia standard per tutti le aree industriali e del commercio.

L'indagine sui settori così determinati è stata condotta sulla base dei dati forniti dall'Istituto Nazionale di Statistica (Istat) per il suddetto quadriennio.

L'analisi è stata incentrata in particolare sulla misura di alcuni parametri specifici, quali il numero di lavoratori, il fatturato, il valore aggiunto lordo, la produttività per unità lavorativa.

L'impatto totale dei settori basati sulla fisica è stato ottenuto sommando all'impatto diretto, gli effetti indiretti e quelli indotti.

Sono stati prodotti anche dati suddivisi per le tre principali aree geografiche italiane, Nord, Centro, Sud e Isole.

Infine i dati di alcune particolari imprese italiane sono stati presentati come esempi significativi di come settori basati sulla fisica possano nascere e prosperare.

È la prima volta che un'analisi quantitativa così dettagliata è stata effettuata per l'Italia e quindi i dati ottenuti possono ritenersi solo un primo passo verso un processo più lungo per una valutazione più completa.

Lo studio si è concluso nel mese di dicembre 2013 e un rapporto finale di sintesi, redatto all'inizio di quest'anno, è di imminente pubblicazione. L'auspicio è che questa analisi che si riferisce a un periodo indubbiamente difficile per l'economia italiana, possa essere in larga misura di ispirazione per il futuro, fornendo una tesi convincente per il sostegno alla fisica in tutte le sue sfaccettature, dalla didattica alla ricerca, dal business all'industria.

L. Cifarelli

ROSALIND E. FRANKLIN: PIONIERA DELLA BIOLOGIA MOLECOLARE



R. Franklin in vacanza in Italia, estate 1950. Foto di V. Luzzati fornita da Churchill Archives Centre, Cambridge, per gentile concessione di Jennifer Glynn.

Nel febbraio del 1953, Rosalind E. Franklin, una brillante scienziata trentatreenne del King's College di Londra, basandosi sull'analisi di diffrazione dei raggi X in cristalli di DNA, scriveva nel suo libro di appunti che la struttura della molecola era formata da 2 catene. L'osservazione di uno dei suoi migliori diffattogrammi della molecola, la "foto 51", permise a James D. Watson, Francis H. C. Crick e Maurice H. F. Wilkins, che l'avevano ottenuta per vie traverse, prima ancora che lei pubblicasse i suoi risultati, di risolvere la struttura del DNA. Tale scoperta valse loro il Premio Nobel per la Medicina nel 1962. A causa della sua prematura scomparsa avvenuta nell'aprile del 1958, ma forse ancor più per via della diffusa misoginia del mondo accademico dell'epoca, non fu mai dato alla Franklin il dovuto riconoscimento, anche se la famosa foto 51 fu fondamentale per l'intuizione della struttura a doppia elica del DNA. Si dovette aspettare fino al 1998, a 30 anni dalla sua morte, perché la foto della Franklin venisse collocata accanto a quella dei colleghi vincitori del Nobel alla National Portrait Gallery di Londra. Nel 2000, inoltre il King's College ne ha ricordato l'opera intitolando una sua nuova ala "Franklin-Wilkins Building".

1 Le principali tappe della sua vita

Rosalind Elsie Franklin nasce a Londra il 25 luglio del 1920, seconda di cinque figli, di Ellis Franklin e Muriel Wally, entrambi anglo-ebrei benestanti. La sua appartenenza ad una famiglia della ricca borghesia londinese le garantiva la possibilità di accedere agli studi, ma tipicamente "femminili" secondo le usanze dell'epoca.

Rosalind però sceglie di frequentare la St. Paul School, una delle poche scuole per ragazze che insegnasse la fisica e la chimica, preparandole non solo al matrimonio ma anche alla laurea.

Rosalind aveva mostrato fin da piccola una spiccata propensione per la matematica e le scienze e una notevole capacità ad imparare le lingue (parlava benissimo il francese, bene l'italiano e se la cavava anche con il tedesco). All'età di sedici anni ha già deciso di diventare una scienziata, e seppur contro il parere del padre, nel 1938 abbandona la St. Paul per iscriversi direttamente al Newnham College, uno dei due College femminili dell'Università di Cambridge. Al College si dedica alla Chimica-Fisica e si laurea nel 1941.

Verso il 1940, in seguito allo scoppio della seconda guerra mondiale, Cambridge accolse alcuni rifugiati politici, tra cui la scienziata francese



Fig. 1 La foto "51": immagine scattata da R. Franklin e R. G. Gosling nel maggio del 1952 che mostra la struttura B del DNA di timo di vitello. Immagine riprodotta per gentile concessione di King's College Archives, London.

File No.	Date	Description	File No.	Date	Description
853	Feb 1953	Plan. Allagun 1/134 ² (topical. circular)	863	Feb 1953	Argon. 20/1 ² CCI 92 ²
854	-	Butte 14.2 ²	864	-	Butte 20/1 ² CCI 96 ²
855	-	15 day 1000 hrs 14.2 ²	865	-	0.208 13 day 1000 hrs 21/1 ² CCI 104 ²
856	-	6.0 Butte 14.2 ²	866	Aug 1953	Transition crystalline. 20/1 ² CCI 104 ²
857	-	6/2 ² A 127 ² C 137	867	-	51c. Structure B. 20/1 ² CCI 104 ²
858	-	1/2 ² Z 14.2 ²	868	-	496 Structure B. 20/1 ² CCI 104 ²
859	-	192 ² Z 14.2 ²	869	-	14.2 ² Structure B. 20/1 ² CCI 104 ²
860	-	Argon. 20/1 ² CCI 95 ²	870	-	686. 56% RH
861	-	Argon. 20/1 ² CCI 95 ²	871	-	Structure A. 40% RH
862	-	Butte 20/1 ² CCI 96 ²	872	-	71.6 5 Structure B

Fig. 2 Appunti manoscritti di R. Franklin: la nota alla riga 867, si riferisce alla foto 51. Immagine riprodotta per gentile concessione di King's College Archives, London.

Adrienne Weill, che sarebbe poi diventata la sua insegnante e amica.

Dopo la laurea la Franklin frequenta il primo anno nel laboratorio di R. C. Norris, con una borsa di studio e un assegno di ricerca ottenuto dal Department of Scientific and Industrial Research, dove si dedica allo studio della cinetica delle reazioni di polimerizzazione.

Nel 1942, in pieno conflitto mondiale, decide di orientarsi verso un PhD di ricerca in un campo più consono alle esigenze di guerra e inizia a lavorare per la British Coal Utilization Research Association (BCURA). Lì per quattro anni studia le microstrutture e le proprietà colloidali dei vari tipi di carbone. I risultati di queste ricerche al BCURA costituiranno la sua tesi di dottorato in Chimica-Fisica e il materiale per cinque pubblicazioni scientifiche.

Dopo la guerra, nel 1947, Adrienne Weill, che nel frattempo era rientrata in Francia, l'aiutò ad ottenere un posto presso il laboratorio di Jacques Mering nel Laboratoire Central des Services Chimiques de l'Etat a Parigi. Al "labo" la scienziata impara a padroneggiare la tecnica di diffrazione dei raggi X per lo studio dei composti del carbonio e lì dirigerà il suo primo gruppo di ricerca sull'analisi cristallografica a raggi X di grandi molecole biologiche.

Nel 1950, desiderosa di rientrare in Inghilterra, accetta un fellowship di ricerca all'unità di biofisica di J. T. Randall al King's College di Londra. Randall le affida lo studio della struttura del DNA assieme al giovane dottorando Raymond Gosling.

Al King's la Franklin fa notevoli progressi nell'uso delle tecniche di diffrazione applicate al DNA, e nella preparazione dei campioni. Applicando queste tecniche, assieme al suo studente riesce a ottenere dei diffrattogrammi del DNA di crescente nitidezza, analizzando i quali mette in evidenza l'esistenza di due forme di DNA, una chiamata A e una B. Il carattere e il rigore sperimentale della scienziata le impediscono di trarre immediate conclusioni relativamente a possibili modelli sulle strutture del DNA. Per queste la Franklin ritiene necessarie successive analisi matematiche della forma A.

Nel frattempo però Watson e Crick pubblicano l'articolo sulla struttura molecolare del DNA che la foto 51 della Franklin – a loro nota sebbene non ancora pubblicata – così ben confermava (vedi fig. 1 e fig. 2).

In seguito a questi eventi, prima ancora di completare i suoi

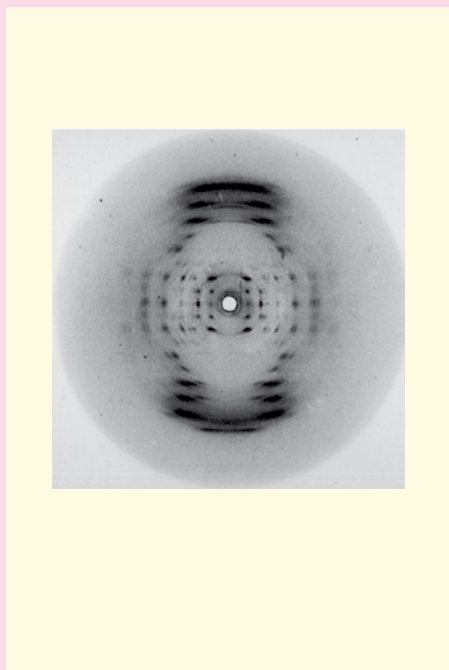


Fig. 3. Difrattogramma del DNA, forma A.

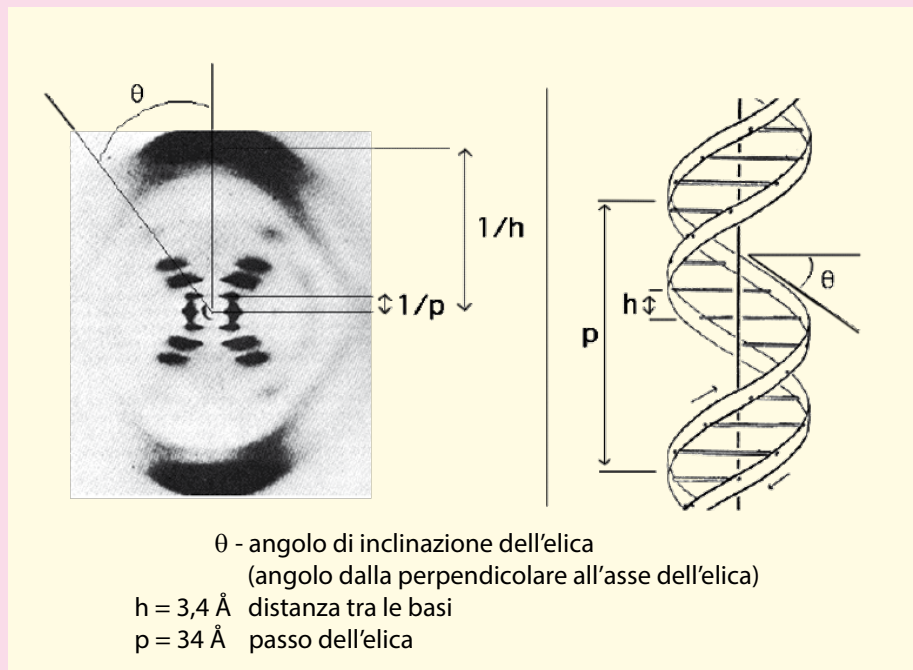


Fig. 4. Sinistra: diffrattogramma del DNA dalla cui forma a X è deducibile il passo dell'elica (forma B). Destra: schematizzazione della struttura a doppia elica del DNA.

studi sul DNA, nello stesso anno Rosalind Franklin richiede e ottiene il trasferimento al Laboratorio di Cristallografia diretto da J. D. Bernal al Birkbeck College, dove di fatto va nel 1953.

Qui trova un ambiente molto più favorevole alle donne scienziato rispetto al King's College, di matrice ecclesiastica, che relegava le donne ad un ruolo piuttosto ancillare.

Al Birkbeck si dedica a studi diversi sui virus delle piante in particolare sul Virus del Mosaico del Tabacco (TMV). A lei si deve la determinazione della configurazione del TMV e della posizione del suo RNA.

Negli anni che seguirono la sua fama crebbe notevolmente anche all'estero, come testimoniano le sue numerose pubblicazioni in riviste internazionali e un lungo ciclo di conferenze tenute in varie parti del mondo nel corso del 1956. Fu proprio durante la sua permanenza negli Stati Uniti che le venne diagnosticato un tumore ovarico. La Franklin continuò a lavorare incessantemente anche dopo l'intervento, mettendo la sua malattia in secondo piano, e continuò a pubblicare a getto continuo, finché il male non ebbe il sopravvento su di lei e pose fine alla sua breve esistenza il 16 aprile del 1958. Lo stesso anno Messelson e Stahl dimostrarono che la replicazione del DNA così come suggerita da Watson e Crick era corretta. I filamenti complementari del DNA si separano l'uno dall'altro e ognuno di questi serve da "stampo" per la sintesi di un nuovo filamento complementare.

2 Lo studio del DNA: i meriti scientifici

Rosalind Franklin pubblica, insieme al suo studente, R. G. Gosling, cinque articoli sul DNA, lavori difficilmente intelligibili a chi non era un esperto di cristallografia e questo potrebbe in parte essere la causa della mancanza di attenzione che ricevettero. È fondamentale notare come la successione di eventi e di pubblicazioni, tra marzo e aprile del 1953, dimostri che i protagonisti di questa importante scoperta, James D. Watson, Francis H. C. Crick, Maurice H. F. Wilkins e R. Franklin, condividevano, forse non volutamente, i rispettivi risultati e idee. I primi

due lavori della Franklin entrambi pubblicati su *Acta Crystallographica* "The structure of sodium thymonucleate fibres. I. The influence of water content" e "The structure of sodium thymonucleate fibres. II. The cylindrically symmetrical Patterson function" furono spediti nel marzo del 1953, prima che la Franklin sapesse del modello di Watson e Crick, pubblicato su *Nature* il 25 aprile del 1953.

Fu lei che già nel primo anno al King's College, riuscì a preparare fibre più sottili aumentando l'allineamento delle molecole di DNA nei campioni, questo insieme a un più fine collimatore ottenuto con tubo a raggi X con microfuoco, costruito insieme a Gosling, permise di ottenere immagini di diffrazione molto più definite. Queste immagini, tuttavia rivelarono due strutture.

La Franklin lavora sulle due forme del DNA una ottenuta con un più elevato grado di idratazione, la forma B, e una più ordinata, maggiormente "cristallina" e con un minor grado di idratazione, la forma A. Nel primo dei due articoli citati in precedenza si dimostra che la trasformazione dalla forma A a quella B è reversibile e per umidità relativa minore del 75% la struttura identificata è la A (fig. 3). Inoltre il cambiamento tra una struttura e un'altra è accompagnato da un aumento del 30% in lunghezza e un sostanziale ri-arrangiamento strutturale. Il grado di idratazione veniva controllato con una soluzione salina satura.

La conclusione più importante di questo primo lavoro è che i gruppi fosfato devono essere esterni in entrambe le forme A e B e che il passaggio da una all'altra è reversibile. La Franklin ad un certo punto si spinge anche ad ipotizzare che citosina e timina siano intercambiabili così come l'adenina e la guanina ma altrettanto non può essere per purine e pirimidine, garantendo in questo modo una infinita varietà di sequenze nucleotidiche che spiegherebbero la specificità biologica del DNA.

Tuttavia, se è chiaro alla Franklin che la struttura B è ad elica, non è scontato per lei che lo sia anche la struttura A, senza prima escludere la possibilità di considerare altre strutture. Infatti ancora prima della

famosa foto 51, elevata allo status di icona, già le immagini ottenute dal settembre del 1951 mostravano una chiara evidenza della struttura ad elica.

Non bisogna dimenticare che la teoria della diffrazione prodotta da una struttura ad elica era stata da poco dimostrata da Alex Stokes al King's College e indipendentemente da Cochran, Crick e Vand all'inizio del 1952. Dalla caratteristica forma ad X è infatti deducibile il passo dell'elica che nella forma B è pari a 34 Å e le intense riflessioni, lungo l'asse meridiano, corrispondono a distanze di 3,4 Å che sono prodotte dall'impilamento delle basi, vedi fig. 4.

Nella foto della struttura A era persa la caratteristica X dell'elica e vi erano una quantità di informazioni più legate ai parametri del reticolo cristallino, per esempio, l'impacchettamento del filamento piuttosto che la struttura interna del filamento stesso.

Nonostante la scoperta di una più semplice struttura B, una volta identificata la struttura A come quella più ordinata, la Franklin spostò la sua attenzione principalmente a tale forma ed iniziò per questa a calcolare la funzione simmetrica di Patterson grazie alle misure delle intensità delle varie riflessioni. È per lei fondamentale cercare di risolvere la funzione di Patterson senza assunzioni a priori.

Nel secondo lavoro pubblicato su *Acta Crystallographica* riesce quindi a definire C2 come l'unico gruppo spaziale per la forma A, riservandosi tuttavia l'interpretazione della struttura attraverso l'uso della funzione di Patterson tridimensionale e auspicando la soluzione in un successivo lavoro.

L'approccio della Franklin era sempre lo stesso: la struttura doveva essere proposta solo dopo la spiegazione dei dati tramite un modello matematico, sono i dati a dover parlare.

Lei sapeva di un primo fallimento di Watson e Crick che avevano proposto un modello a tre eliche da lei contestato per non aver tenuto in considerazione il contributo dell'acqua, e non condivideva l'approccio del "model building" a priori.

Come testimoniato da Klug già a febbraio del 1953, ancor prima di spedire questi due articoli, la Franklin nonostante sappia che ci sono due catene per cella unitaria nella struttura A, abbia definito il gruppo spaziale C2, abbia calcolato che ci sono dieci nucleotidi per elica nella struttura B, e probabilmente anche due eliche nella struttura B, non riesce a vedere la relazione tra le due forme. L'informazione sul gruppo spaziale C2 che ottengono Watson e Crick da Max Perutz nel febbraio del 1953 fu fondamentale per la definizione del modello. La Franklin infatti aveva riportato questi risultati in un resoconto di un sottocomitato del Medical Research Council di cui faceva parte Perutz. Il fatto che si trattasse di un cristallo monoclinico implicava due assi di simmetria ma il fatto che fosse di gruppo C2 richiedeva che tali assi fossero perpendicolari all'asse della fibra. Crick stava lavorando, per la sua tesi di dottorato, su cristalli di ossi-emoglobina, che avevano come gruppo spaziale proprio C2. Il gruppo di simmetria C2 induce Crick a pensare a due eliche antiparallele. Un'occhiata alla famosa foto 51 della struttura B, o meglio la descrizione fatta da Watson e i parametri di cui era venuto a conoscenza, furono sufficienti a Crick per vedere le cose in modo diverso, lui sapeva che aspetto aveva l'immagine di diffrattometria di un elica.

Mentre Watson e Crick sui dati della Franklin costruivano il loro modello, in uno scritto non pubblicato (Church College Archives, vedi A. Klug, *Nature*, 248 (1974) p. 787) del 17 marzo del 1953, lei scrive che l'immagine di diffrattometria – diagramma – della struttura chiamata B, mostra in maniera stringente elementi caratteristici di una struttura ad

elica deducendo che una struttura ad elica è altamente probabile, anche se il diffrattogramma non può essere preso come prova sufficiente.

È d'obbligo citare che il lavoro su *Nature* del 25 aprile a firma di Franklin e Gosling dimostra di fatto che i dati delle immagini delle forme A e B, come da lei scritto, non erano in disaccordo, con il modello proposto da Watson e Crick.

Il modello della doppia elica poteva essere messo in relazione, piuttosto che alla struttura A alla struttura B, dove le molecole sono protette dalla distorsione dovuta all'influenza di atomi vicini, grazie alla presenza di rivestimento di molecole d'acqua. Tuttavia, avendo lei stessa dimostrato che il cambiamento da una struttura a un'altra è reversibile, se una molecola a doppia elica è presente nella forma B deve essere presente anche nella forma A, come scritto nella nota aggiunta al secondo articolo pubblicato su *Acta Crystallographica* del 1953, durante la revisione dell'8 luglio. È lei stessa infine che nel luglio del 1953 dimostra per prima la correttezza del modello di Watson e Crick facendo vedere che la mappa della funzione di Patterson della forma A poteva essere interpretata con due strutture ad elica.

Questi studi sono stati l'inizio di quell'avventura che è la biologia molecolare e lo studio del genoma. Più di sessanta anni dopo, grazie anche a queste scoperte, forse potremmo scrivere un altro finale con Rosalind che divide il giusto riconoscimento con i suoi colleghi.

S. Croci
A. Oleandri

Ulteriori approfondimenti

- Rosalind E. Franklin, R. G. Gosling, "The structure of sodium thymonucleate fibres. I the influence of water content", *Acta Crystallographica*, 6 (1953) 673 (submitted on 6 March 1953); "The structure of sodium thymonucleate fibres. II The cylindrically symmetrical Patterson function", *Acta Crystallographica*, 6 (1953) 678.
- Rosalind E. Franklin, R. G. Gosling, "Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate", *Nature* 171 (25 aprile 1953) 740.
- Rosalind E. Franklin, R. G. Gosling, "Evidence for 2-Chain Helix in Crystalline Structure of Sodium Deoxyribonucleate", *Nature*, 172 (25 luglio 1953) 156.
- P.J.F. Harris, "Rosalind Franklin's work on coal, carbon, and graphite", *Interdisciplinary Science Reviews*, 26, 3 (marzo 2001) 204.
- Brenda Maddox, "Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA" (Harper Perennial) 2003 (traduzione italiana: "Rosalind Franklin: La donna che scoprì la forma del DNA", Collana Le Scie (Editore Mondadori, Milano) 2004).
- Anne Sayre, "Rosalind Franklin and DNA - The first full account of Rosalind Franklin's role in the discovery of the double-helix structure of DNA" (Norton and Company, New York) 1975.
- A. Klug, "Rosalind Franklin and the discovery of the Structure of DNA", *Nature*, 269 (24 August 1968) 808.
- A. Klug, "Rosalind Franklin and the double helix", *Nature*, 248 (1974) 787.
- Watson, James D. (1968), "The double helix: A personal account of the discovery of the structure of DNA" (Atheneum) 1980.
- Wilkins, Maurice, "The Third Man of The Double Helix" (Oxford University Press) 2003.

INTERVISTA A

SIMONETTA DI PIPPO

Simonetta Di Pippo, laureata in Fisica, indirizzo Astrofisica e Fisica Spaziale, all'Università di Roma "La Sapienza", è stata assunta dal Piano Spaziale Nazionale nel 1986, diventato nel 1988 Agenzia Spaziale Italiana (ASI). Dopo aver ricoperto incarichi di crescente responsabilità, tra cui nel 2000 quello di responsabile coordinamenti degli astronauti europei di nazionalità Italiana e nel 2001 di responsabile dei rapporti Internazionali con la NASA, nel 2002 viene nominata Segretario Generale dell'ASI. Nel 2001 è anche responsabile per l'ASI del coordinamento della missione Marco Polo e da ottobre 2002 a maggio 2008, ha assunto la responsabilità del settore Osservazione dell'Universo sempre presso l'Agenzia Spaziale Italiana. Dal 2005 al 2008 è stata Presidente del Comitato di Programma dell'European Space Agency (ESA) per il volo umano, la microgravità e l'esplorazione, mentre nel 2007 le è stata assegnata la responsabilità per la missione dell'astronauta italiano Paolo Nespoli a bordo del volo Shuttle STS-120. Dall'aprile 2011 al maggio 2012 è stata Consigliere Speciale del Direttore Generale dell'ESA. Dopo aver ricoperto il ruolo di responsabile dell'Osservatorio per la Politica Spaziale Europea dell'ASI a Bruxelles, oggi è direttore dell'UNOOSA, United Nations Office for Outer Space Affairs. Da sempre dedica molta attenzione alla divulgazione e soprattutto alle scuole, di ogni ordine e grado, per sviluppare l'interesse per le attività spaziali, e la consapevolezza dell'importanza che hanno i satelliti e le imprese spaziali nella vita di tutti i giorni. A questo si unisce un forte interesse al problema di genere che l'ha portata a fondare nel 2009 l'associazione internazionale Women in Aerospace Europe (WIA).



DIAMO "SPAZIO" ALLE DONNE

Come è nata l'associazione Women in Aerospace Europe? Da quali esigenze o motivazioni?

WIA Europe è stata fondata nel 2009 su iniziativa mia e di una collega tedesca con l'obiettivo di fungere da punto di riferimento nel settore aerospaziale, per i giovani e non solo, con particolare attenzione alle questioni di genere. Quest'anno celebriamo i nostri primi cinque anni di vita, abbiamo raggiunto i 350 iscritti individuali, 15 membri corporate, e un certo numero di accordi strategici con università e organizzazioni internazionali di alto profilo nel settore aerospaziale. E contiamo di essere sempre più presenti sul territorio aumentando il numero dei gruppi locali che consentono un maggiore contatto con gli iscritti.

Quali sono le attività dell'associazione Women In Aerospace Europe per arrivare a bilanciare la presenza di donne in questo settore?

Facciamo molte cose diverse. Oltre al networking, nel quale crediamo molto, abbiamo programmi di supporto per giovani donne che abbiano bisogno di un contributo finanziario per partecipare a congressi al fine di presentare i loro lavori, abbiamo programmi di training e mentoring, assegniamo dei premi in danaro per lo sviluppo di progetti nel settore spaziale

con attenzione alla parità di genere, e recentemente abbiamo anche iniziato a siglare accordi di collaborazione con un paio di università chiave che consentono ai nostri iscritti di pagare una tassa di iscrizione universitaria estremamente vantaggiosa. Crediamo, soprattutto, che le donne debbano fare squadra, e se non la fanno, che lo imparino con noi!

È recentissima la sua nomina a direttore dell'UNOOSA, United Nations Office for Outer Space Affairs, può raccontarci di cosa si tratta e quali sono le responsabilità che l'attendono?

L'Ufficio delle Nazioni Unite per gli affari dello spazio extra-atmosferico (UNOOSA), in quanto segretariato di UN COPUOS (Comitato delle Nazioni Unite per gli usi pacifici dello spazio extra-atmosferico), è il cuore della costruzione e della crescita di una vera comunità mondiale dello spazio che mette insieme affermate potenze spaziali, con nuovi membri del club dei Paesi con capacità spaziali fino a Paesi tecnologicamente ancora in via di sviluppo. L'Ufficio ha quindi la responsabilità di rendere concreto il principio delle Nazioni Unite che vuole che le attività spaziali si svolgano "a beneficio di tutta l'umanità". UN COPUOS è il più vecchio ed il più ampio organismo internazionale dedicato alle

attività spaziali, creato all'inizio dell'era astronautica nello stesso anno della NASA, nel 1958. Oggi ne sono membri 76 Paesi. Le regole e i principi internazionali che si applicano allo sfruttamento ed all'esplorazione spaziale sono state forgiate negli anni all'interno del COPUOS così come anche il registro di tutti i satelliti e altri oggetti spaziali messi in orbita dagli Stati di tutto il mondo. Ciò non sarebbe stato possibile, senza il lavoro di preparazione, di supporto, di diplomazia e ricerca svolto da UNOOSA.

UNOOSA è anche il fulcro delle attività che permettono di offrire, a tutto il sistema ONU e delle sue Agenzie specializzate, delle soluzioni ai problemi del pianeta attraverso l'impiego di sistemi e tecnologie spaziali. In questo contesto l'Ufficio è al centro della riflessione del contributo delle attività spaziali agli obiettivi ambientali e di sviluppo socio-economico come RIO+20 e Millennium Development Goals (MDGs). Il terzo elemento del lavoro a livello globale di UNOOSA è di creare le condizioni, attraverso la formazione e l'educazione, affinché i vantaggi e le informazioni provenienti dai sistemi spaziali possano essere sfruttati dal più largo numero di Stati e di persone nel mondo per uno sviluppo socio-economico sostenibile.



L'Associazione Women in Aerospace (WIA) Europe è l'unica associazione di questo genere in Europa. Si prefigge da un lato di ottenere una presenza bilanciata di genere nelle istituzioni e nelle industrie di settore, anche in posizioni apicali, e dall'altro di perorare la causa dell'importanza delle attività spaziali per il miglioramento della qualità della nostra vita sulla Terra. A WIA Europe afferiscono anche molti gruppi locali in Germania, Belgio, Olanda Inghilterra e Italia, ed altri sono previsti per il futuro.

L'Associazione è ricca di opportunità, bandisce premi, borse di studio, organizza workshop di addestramento e reti di collegamento per gruppi locali, contribuendo anche alla diffusione di informazioni interessanti dal mondo dell'industria oltre che da quello accademico.

Nel settore aerospaziale, avere una maggiore rappresentanza femminile ai vertici potrebbe influenzare il successo di cooperazioni internazionali a volte difficili?

Sono fermamente convinta che il merito e le capacità non hanno genere. Intendo dire che in un sistema democratico moderno, non si può lasciare la metà della squadra perennemente negli spogliatoi o qualche volta in panchina. E se si persevera in questo approccio, altro che sviluppare una società basata sulla conoscenza, come recita il trattato di Lisbona. Certamente, c'è un modo diverso di esprimere la propria leadership, più concreto, basato sui fatti e sulla conoscenza.

Partendo dalla sua esperienza, crede che sia importante incontrare un "mentore" durante il proprio percorso di formazione?

Personalmente, non ho mai avuto un mentore. Ho cercato di imparare da tutti coloro che ho incontrato durante la mia carriera professionale, coloro ovviamente che avevano qualcosa da insegnare con una base solida di valori etici che condividevo. Amo ascoltare i suggerimenti, e i commenti di molti, e questo mi consente di mettere insieme tutte le informazioni che mi aiutano, di solito a fare la scelta giusta managerialmente parlando.

...avrebbe una influenza diversa per una donna avere come riferimento una scienziata?

Uno scienziato, indipendentemente dal genere, ha un approccio razionale, logico, sia nello studio della realtà sia nella sua analisi, con elevata capacità di sintesi. Avere per riferimento uno scienziato è quindi senza dubbio importante. Per le donne, è certamente importante avere altre donne come modello di riferimento, essenzialmente perché questo implica che ci sia qualcuna che ce l'ha fatta a rompere l'invisibile soffitto di cristallo che, molte volte, non consente alle donne di arrivare ai livelli di responsabilità che pure competerebbero loro in base alle effettive capacità. Ci sono molte ragioni perché questo accada, e avere la possibilità di fare riferimento a donne che "made it all" può veramente essere fondamentale.

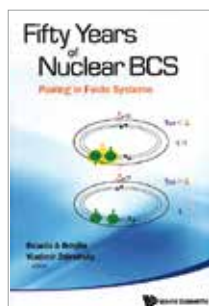
Come astrofisica e scienziata c'è stato un ruolo/incarico nel quale si è maggiormente identificata?

Non particolarmente, da un lato, e sempre, dall'altro. Mi piace cambiare, per imparare sempre qualche cosa di nuovo, e fare il famoso "next logical step". Mi trovo quindi di solito a mio agio nelle varie fasi, e mi piace misurarmi con me stessa, ma di solito lo faccio con una certa naturalezza.

C'è una azione che ritiene fondamentale per il raggiungimento della parità di genere, non solo nell'astrofisica ma più in generale nella scienza?

Credo che l'unica soluzione sia l'introduzione delle quote, come misura temporanea. Qualche tempo fa, non avrei mai ammesso che le quote dovessero essere utilizzate, pensavo che il merito si dovesse affermare senza far ricorso a misure speciali. Purtroppo, mi sono resa conto con il tempo che non è così. Pur continuando a pensare che il merito non abbia genere, e che la meritocrazia sia l'unica arma che abbiamo per uscire dalla crisi, mi sono dovuta arrendere all'evidenza di una forma di discriminazione strisciante, di cui spesso anche chi discrimina non si rende conto, lo fa insomma inconsciamente. Credo che la nostra azione con Women in Aerospace aiuti le donne del settore ad incontrarsi, a rafforzare legami personali e professionali e, mettendo insieme junior e senior, consenta lo scambio di esperienze, per permettere alle giovani di ottenere suggerimenti e indicazioni al fine di trovare presto e bene la loro strada. Fare rete, direi, e mettere a fattor comune le proprie esperienze, funziona più di quanto si creda.

S. Croci



R. A. BROGLIA AND V. ZELEVINSKY
FIFTY YEARS OF NUCLEAR BCS
PAIRING IN FINITE SYSTEMS
 World Scientific, Singapore, 2013;
 pp. XXI + 670; £ 104.00

Recensione di
 G. Benedek

Pubblicata online
 16 gennaio 2014



U. BOTTAZZINI AND P. NASTASI
LA PATRIA CI VUOLE EROI
MATEMATICI E VITA POLITICA NELL'ITALIA DEL
RISORGIMENTO
 Saggi. Zanichelli Editore,
 Bologna, 2013
 pp. 432, € 27,00

Recensioni di
 G. Benedek

V. BUSH
MANIFESTO PER LA RINASCITA DI UNA NAZIONE
SCIENZA, LA FRONTIERA INFINITA
 Introduzione di Pietro Greco
 Bollati Boringhieri, 2013
 pp. 149, € 12,00

Pubblicate online
 21 gennaio 2014



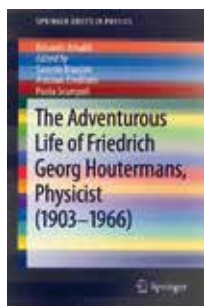
L. CIFARELLI, F. WAGNER AND D.S. WIERSMA (EDITORS)
NEW STRATEGIES FOR ENERGY GENERATION, CONVERSION
AND STORAGE
LECTURE NOTES. JOINT EPS-SIF INTERNATIONAL SCHOOL ON ENERGY.
COURSE 1
 European Physical Society, Società Italiana di Fisica
 (2013)
 pp. XVIII + 362, € 50,00

Recensione di
 C. Hidalgo

Pubblicata online
 24 gennaio 2014

Where will we end up if we do not change direction in global energy trends? Scientists should take the lead in informing society and policy-makers on problematic and delicate issues, such as energy supply, environmental and climate changes.

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
 I soci usufruiscono di uno sconto del 30% sull'acquisto di questo volume.



E. AMALDI
EDITED BY S. BRACCINI, A. EREDITATO AND
P. SCAMPORRÌ

**THE ADVENTUROUS LIFE OF FRIEDRICH
GEORG HOUTERMANS, PHYSICIST
(1903-1966)**

Springer Briefs in Physics. Springer,
2012

pp. 152, € 51,95

e-book: € 41,64

Pubblicata online
11 febbraio 2014

Recensione di
Amand A. Lucas



P. GRECO

GALILEO L'ARTISTA TOSCANO

I Blu. Springer-Verlag Italia, Milano,
2014

pp. VIII + 598, € 32,00

Recensione di
L. Belloni

Pubblicata online
12 febbraio 2014



E. GADIOLI

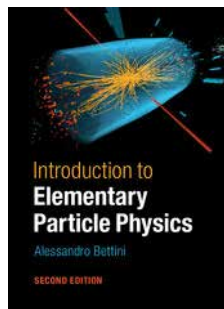
**LA SCOPERTA DELLE PARTICELLE
SUBATOMICHE
DALL'ELETTRONE AL PIONE**

**Il Nucleare. Aracne Editrice,
Roma, 2013**

pp. 254, € 14,00

Recensione di
L. Belloni

Pubblicata online
10 marzo 2014



A. BETTINI

**INTRODUCTION TO ELEMENTARY
PARTICLE PHYSICS
2ND EDITION**

Cambridge University Press,
2014

pp. 489, \$ 75.00

Recensione di
L. Cifarelli

In corso di
pubblicazione on-line

IN RICORDO DI

Piero Brovetto



Torino, 2 dicembre 1926 -
Cagliari, 12 dicembre 2013

Marcello Salis, Piero Quarati,
Renato Angelo Ricci

Pubblicato online
6 febbraio 2014

Alfonso Sutera



Trapani, 20 ottobre 1950,
Roma, 8 dicembre 2013

Franco Prodi

Pubblicato online
6 febbraio 2014

Lorenzo Foà



Firenze, 26 luglio 1937,
San Giuliano Terme,
12 gennaio 2014

I suoi studenti

Pubblicato online
4 aprile 2014

Giorgio Maria Giacomelli



Cagli (PU), 30 maggio 1931,
Bologna, 30 gennaio 2014

P. Capiluppi

In corso di
pubblicazione on-line

LA GOCCIOLINA QUANTICA

I ricercatori del Centro JILA in Colorado hanno scoperto, usando un LASER ultraveloce e il supporto di teorici dell'Università di Marburg, una nuova quasi-particella di semiconduttore. La "gocciolina quantica" è costituita da 5 o 6 elettroni e altrettante lacune condensate in una goccia nanoscopica con proprietà simili ad un liquido.

A. E. Almand-Hunter *et al.*, *Quantum droplets of electrons and holes*, *Nature* 506 (2014) 471

The new quasiparticle that we call a quantum droplet has a pair correlation function that is characteristic of a liquid; thus it is a droplet and not a polyexciton. However, it contains a small number of electron-hole pairs and the pair-correlation function exhibits the effects of quantization; thus it is distinct from a macroscopic droplet. It can form via Coulomb interaction in direct-gap semiconductors such as gallium arsenide (GaAs) on an ultrafast timescale, long before a thermodynamic equilibrium is reached. To be stable, a quantum droplet's binding energy must be higher than that of other quasi-particles, including excitons and biexcitons [...]. Physically, a quantum droplet can be viewed as a correlation bubble that is held together by the Fermi pressure created by the surrounding high-density plasma. Because electron-hole pairs are quantum confined inside a bubble, the pair wave function exhibits a standing wave within a circular shell because the quantum well is two-dimensional.

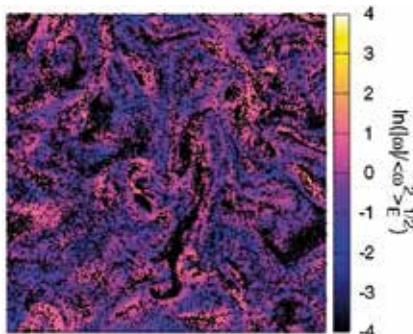


La figura mostra un'interpretazione di fantasia della gocciolina quantica, (Crediti Brad Baxley, JILA, University of Colorado, Boulder. <http://jila.colorado.edu/news-highlights/fog-island>)

PLANCTON TURBOLENTO

F. De Lillo *et al.* *Turbulent Fluid Acceleration Generates Clusters of Gyrotactic Microorganisms*. *Phys. Rev. Lett.*, 112 (2014) 044502

The motility of microorganisms is often biased by gradients in physical and chemical properties of their environment, with myriad implications on their ecology. Here we show that fluid acceleration reorients gyrotactic plankton, triggering small-scale clustering. We experimentally demonstrate this phenomenon by studying the distribution of the phytoplankton *Chlamydomonas augustae* within a rotating tank and find it to be in good agreement with a new, generalized model of gyrotaxis.



Nel fluido turbolento le cellule (punti neri) si addensano nelle zone di alta vorticità. Reproduced with permission of the American Physical Society ©APS, 2014, from <http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.112.044502>

BREAK EVEN IN FUSIONE INERZIALE?

Alla National Ignition Facility a Livermore 192 Laser sparano contemporaneamente su una capsula (diametro 2,3 mm) di deuterio e trizio. L'articolo riporta che l'energia calcolata prodotta in due successivi spari è risultata superiore a quella spesa per circa una e tre deviazioni standard, rispettivamente

O. A. Hurricane *et al.*, *Fuel gain exceeding unity in an inertially confined fusion implosion*. *Nature*, 506 (2014) 343

Here we report the achievement of fusion fuel gains exceeding unity on the US National Ignition Facility using a "high-foot" implosion method, which is a manipulation of the laser pulse shape in a way that reduces instability in the implosion. These experiments show an order-of-magnitude improvement in yield performance over past deuterium-tritium implosion experiments. We also see a significant contribution to the yield from α -particle self-heating and evidence for the "bootstrapping" required to accelerate the deuterium-tritium fusion burn to eventually "run away" and ignite.

MISURA DI ALTA PRECISIONE DI m_e

La precisione sulla massa dell'elettrone è importante perché essa è strettamente correlata alla costante di struttura fine e alla costante di Rydberg. L'ultima compilazione di CODATA (2012) riporta m_e con una precisione di 400 ppb. Questo lavoro porta la precisione a 30 ppb.

S. Sturm *et al.*, *High-precision measurement of the atomic mass of the electron*. *Nature*, 506 (2014) 467

Here we combine a very precise measurement of the magnetic moment of a single electron bound to a carbon nucleus with a state-of-the-art calculation in the framework of bound-state quantum electrodynamics.

LA SCALA DI MASSA DEI NEUTRINI?

La massa dei neutrini potrebbe risolvere un enigma cosmologico. I neutrini rallentano, con la loro massa, la formazione delle strutture a grande scala, ma la massa è troppo piccola per aver effetti osservabili nella mappa delle fluttuazioni di temperatura del fondo a micro-onde (CMB) pubblicata dalla missione PLANCK un anno fa. La radiazione del CMB ci porta però anche informazioni su quello che essa ha trovato lungo il percorso, in particolare sul numero di ammassi di galassie, tramite l'effetto Sunyaev-Zeldovich (SZ). Questo numero risulta minore di quello calcolato a partire dal modello dell'Universo ricavato dal CMB con neutrini senza massa. Assumendo che ne abbiamo, l'analisi di PLANCK, mostra un valore della somma delle masse dei neutrini non nullo, ma per solo due deviazioni standard, attorno a 300 meV. R. A. Battye e A. Moss hanno aggiunto l'informazione del "gravitational lensing" trovando un valore non nullo per quattro deviazioni standard. Qualora il risultato fosse confermato, esso avrebbe enormi conseguenze sulla fisica del neutrino, perché ne porrebbe la scala di massa in un intervallo raggiungibile in laboratorio.

R. A. Battye and A. Moss, *Evidence for massive neutrinos from cosmic microwave background and lensing observation*, *Phys. Rev. Lett.*, 112 (2014) 051303

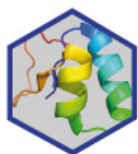
We discuss whether massive neutrinos ... can reconcile some of the tensions within cosmological data that have been brought into focus by the recently released PLANCK data. We point out that a discrepancy is present when comparing the primary CMB and lensing measurements both from the CMB and galaxy lensing data using CFHTLenS, similar to that which arises when comparing CMB measurements and SZ cluster counts. A consistent picture emerges and including a prior for the cluster constraints and BAOs we find that for an active neutrino model with three degenerate neutrinos, $\Sigma m_\nu = 320 \pm 81$ meV.



XXIV QUARK MATTER DARMSTADT 2014

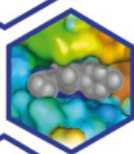
May 19 - 24, 2014

<http://qm2014.gsi.de/>



Erice
2014

Structural Basis
of Pharmacology



Structural Basis of Pharmacology: Deeper Understanding of Drug Discovery through Crystallography

**The 47th crystallographic course at
Ettore Majorana Centre, Erice, Italy**

May 30 to June 8, 2014

40th Anniversary

<http://www.crystalerice.org/Erice2014/2014.htm>

III Italian Meeting on Raman Spectroscopy and Non-Linear Optical Effects

Parma, 9-11 June 2014

<http://www.gisr2014.unipr.it/>



GIREP - MPTL 2014



MPTL
Multimedia in Physics
Teaching and Learning



July 7-12, 2014

**University of Palermo
Italy**



Teaching/Learning Physics: integrating research into practice

<http://www.unipa.it/girep2014/>

20th Particles & Nuclei International Conference

**25-29 August 2014
Hamburg, Germany**



<http://panic14.desy.de/>

FAPERJ | ICRANet Program

A TEACHING, RESEARCH AND OUTREACH PROGRAM IN RELATIVISTIC ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY 2013-2018

The **FAPERJ | ICRANet** Program on Relativistic Astrophysics and Cosmology promotes the Collaboration between scientists from Asia, Europe and USA with scientists from the State of Rio de Janeiro with five major actions:

1

Fellowships for graduate students from the State of Rio de Janeiro in the IRAP-PhD program.

2

Senior scientists from Asia, Europe and USA visiting scientific institutions in the State of Rio de Janeiro.



3

Senior scientists from the State of Rio de Janeiro visiting ICRANet seats in Asia, Europe and USA.

4

Postdoctoral Fellowships for international candidates in ICRANet seats. Scientific institutions associated to ICRANet and Institutions with scientists associated to ICRANet in Asia, Europe, State of Rio de Janeiro and USA.

5

Organization of workshops and outreach programs.

<http://www.icranet.org/>

DOMANDA DI ISCRIZIONE alla SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
ITALIAN PHYSICAL SOCIETY MEMBERSHIP APPLICATION FORM

2014

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 relative alla fisica (**) € 35,00 ☐
INDIVIDUAL Member also member of other 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
Via Saragozza 12 - 40123 Bologna
Tel. 051331554 - Fax 051581340 - e-mail: sif@sif.it - internet: <http://www.sif.it>

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Per diventare Socio SIF:

Informazioni: <http://www.sif.it/associazione>

Quote sociali 2014 della Società Italiana di Fisica

- | | | |
|---|----------|--------------------------|
| ☐ Socio Individuale | € 45,00 | ☐ |
| ☐ Socio Junior al di sotto dei 30 anni | € 25,00 | ☐ |
| ☐ Socio Senior al di sopra dei 70 anni | € 35,00 | ☐ |
| ☐ Socio Individuale anche membro di altra associazione scientifica relativa alla fisica (*) | € 35,00 | ☐ |
| ☐ Socio Collettivo | € 260,00 | ☐ |
| ☐ Socio Sostenitore (a partire da) | € 310,00 | ☐ |

(*) Informazioni: <http://www.sif.it/associazione>

Per diventare Socio EPS:

Informazioni: <http://www.eps.org/subscribe>

Quote sociali 2014 della Società Europea di Fisica per "Individual membership"

- | | | |
|--|---------|--------------------------|
| ☐ Socio | € 22,00 | ☐ |
| ☐ Socio al di sotto dei 30 anni | € 16,50 | ☐ |
| ☐ Socio in pensione | € 16,50 | ☐ |
| ☐ Studente | € 16,50 | ☐ |
| ☐ Insegnante (pre-universitario) | € 16,50 | ☐ |

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 postale:
BancoPosta, IBAN IT14 G076 0102 4000 0001 9197 409
intestato a: Il Nuovo Cimento - Società Italiana di Fisica S.I.F.
- ☐ 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/

Troverai i nostri scaffali riforniti con più di 70.000 articoli allettanti.

- | | |
|-------------|------------------|
| ✓ Metalli | ✓ Composti |
| ✓ Leghe | ✓ Compositi |
| ✓ Ceramiche | ✓ Intermetallici |
| ✓ Polimeri | ✓ 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

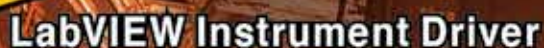
 **PRODOTTIGIANNI**
Our competence, your value.

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
www.ricerca.it

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



The NIM/Desktop Power Supply Family NDT14xx can work on your desk or plugged in a standard NIM bin

