



1st Quantumbionet Workshop

25th May 2007, Pavia, Italy

Università degli Studi di Pavia
 Centro Interdipartimentale in Scienze Cognitive
 Aula Volta
 Via Strada Nuova 65
 Pavia

9:00	Registration		
9:30	Opening sessions		
	The Quantumbionet	Massimo Pregnotato	PBL – Pharmaceutical Biocatalysis Laboratories, Dipartimento di Chimica Farmaceutica, Università di Pavia
9:50	Session: Foundational problems of Quantum Theory		
	Operational axioms for Quantum Mechanics	Mauro D'Ariano	QUIT - Quantum Information Theory Group, Dipartimento di Fisica "A. Volta", Università di Pavia,
	Quantum metrology	Vittorio Giovannetti, Seth Lloyd, and <u>Lorenzo Maccone</u>	QUIT - Quantum Information Theory Group, Dipartimento di Fisica "A. Volta", Università di Pavia
11:00	Coffe break		
11:15	Session: Quantum Computation		
	A bird's eye view of quantum computers	Giuliano Strini	Dipartimento di Fisica, Università di Milano
	What is possible to do with noisy quantum computers?	Sara Felloni	Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione. Università degli Studi di Milano - Bicocca.
	Evidenza di Reattività neuronale a campi elettromagnetici ultradeboli	Rita Pizzi	Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione Università di Milano
13:00	Lunch break		

15:00 Session: Quantum Biology

Problems in Theory of Phase Transitions in Biological Systems	Eliano Pessa	Dipartimento di Psicologia e Centro Interdipartimentale di Scienza Cognitive Universita' di Pavia
Many-Body Physics and Nonlinear Brain Dynamics	Giuseppe Vitiello	Department of Mathematics and Informatics, Salerno University, and INFN, Gruppo Collegato, Salerno
Quantum states in proteins	Massimo Pregnotato	PBL – Pharmaceutical Biocatalysis Laboratories, Dipartimento di Chimica Farmaceutica, Universita' di Pavia

16:30 Coffe break**16:45 - Session: Logic and Informations in Biological and Cognitive Systems**

The theory of formal languages and quantum automata	Mario Rasetti	DIFIS - Dipartimento di Fisica I -Facoltà di Ingegneria – Politecnico di Torino
A generalized definition of self-reference	Paola Zizzi	Dipartimento di Matematica Pura ed Applicata – Università di Padova, Italy
DNA as an information energy catalyst	Paolo Manzelli	Laboratorio di Ricerca Educativa - Universita' di Firenze

18:30 Discussion

The Quantumbionet

Massimo Pregnolato

*PBL – Pharmaceutical Biocatalysis Laboratories
Dipartimento di Chimica Farmaceutica, Universita' di Pavia*

The Quantumbionet is a network, on a global basis, of people with various backgrounds and cultures, to create an ideal platform for sharing the latest thinking in quantum sciences, examining current trends and assessing the likely changes for the future. The network include well-known intellectuals, teachers and laboratories supporting the development of sciences and aimed by taking an active role on the international stage for human health and wellness enhancement. The network promote the formation of groups of collaborative people and organizations working together to achieve desired results. This collaboration will facilitates the sharing of knowledge and the development of new projects for explore the more basic roots of life. The network will be the bridge between science and spirituality by using real economical basis on knowledge valorization. The basic ideas of the network will be presented.

Operational axioms for Quantum Mechanics

Mauro D'Ariano

*QUIT - Quantum Information Theory Group, Dipartimento di Fisica "A. Volta"
Universita' di Pavia, via A. Bassi 6, I-27100 Pavia (ITALY)*

I will present a set of connections between operational principles and mathematical structures for Quantum and Classical Mechanics within an axiomatic framework in which the primary role is played by the transformations that the system undergoes in the course of an experiment, and where the postulates are basic principles for experimental simplicity and accessibility. I will show that the Banach pair structure of states and effects is just a direct consequence of the probabilistic framework. The C*-algebra formulation of Quantum/ Classical Mechanics, on the other hand, needs only to postulate the existence of dynamically independent systems and that of a faithful state, which is a crucial ingredient for experimental calibrability.

The notion of the adjoint of a transformation is based on the the existence of such faithful states. The tensor product structure is not just due to dynamical independence, but needs in addition the Local Observability Principle, which plays an operationally crucial role in reducing enormously the experimental complexity, reconciling holism with reductionism. On the other hand, a-causality at a distance of "local actions" (the so-called "no-signaling") is a direct consequence of just dynamical independence. Finally, the Hilbert space mathematical structure needs an additional postulate on the achievability of informationally complete observables through perfectly discriminable ones on system+ancilla.

Quantum Metrology

Vittorio Giovannetti, Seth Lloyd, and Lorenzo Maccone

*QUIT - Quantum Information Theory Group, Dipartimento di Fisica "A. Volta"
Universita' di Pavia, via A. Bassi 6, I-27100 Pavia (ITALY)*

e-mail: maccone@unipv.it

We point out a general framework that encompasses most cases in which quantum effects enable an increase in precision when estimating a parameter (quantum metrology). The typical quantum precision-enhancement is of the order of the square root of the number of times the system is sampled. We prove that this is optimal and we point out the different strategies (classical and quantum) that permit to attain this bound.

Evidenza di Reattività Neuronale a Campi Elettromagnetici Ultradeboli

R. Pizzi

Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione Università di Milano

Dal 2002 il gruppo Living Networks Lab, formato da fisici, informatici, elettronici e biotecnologi, studia la reattività a stimolazioni elettromagnetiche da parte di reti di neuroni adesi ad array di microelettrodi (MEA).

Fin dai primi esperimenti abbiamo riscontrato una particolare ricettività dei neuroni rispetto a campi elettromagnetici esterni nonostante procedura di schermatura via via crescenti.

Nel nostro ultimo esperimento abbiamo irradiato sia una vaschetta di neuroni che diverse altre vaschette di controllo con un campo elettromagnetico che, fuori schermatura, è stato valutato meno di 2 μ Gauss. In concomitanza con l'impulso elettromagnetico i neuroni hanno sviluppato un potenziale d'azione, mentre il segnale proveniente dalle vaschette di controllo è rimasto piatto.

Per eliminare la possibilità di interferenze il sistema hardware è stato progettato con speciali dispositivi di separazione galvanica e fotoaccoppiatori, la cavetteria è stata schermata e le vaschette sono state protette da una doppia gabbia di Faraday connessa a terra.

Numerosi test con oscilloscopio ed analizzatore di spettro hanno escluso la presenza di cross-talk o fenomeni induttivi.

Il prossimo esperimento verrà condotto utilizzando una schermatura in mu-metal e confrontando la reazione dei neuroni dentro e fuori dalla schermatura.

A bird's eye view of quantum computers.

Giuliano Strini

Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano.

Quantum computers are introduced from a historical point of view. Taking into account the fast and impressive technological improvements in the field of computation, the development of quantum computers appears almost unavoidable. One of the most important problems is the understanding of the limits of the quantum mechanics itself, because of the unprecedented requirements necessary for the realization of quantum computers. For a tentative application to biology of the methods that are useful in the development of quantum computers, an experiment aimed at the observation of the Rabi oscillations in the rod cells of the retina is proposed.

What is possible to do with noisy quantum computers?

Sara Felloni

*Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione.
Università degli Studi di Milano - Bicocca.*

The first quantum computers are predicted to be very noisy. After the characterization of all single-qubit errors, here we describe some simulations aiming to understand the effects of various source of quantum noise. All possible kinds of single-qubit errors are studied and applied to a protocol of entanglement purification and on a quantum simulator for the solution of the Schrodinger equation. Surprising results are found: both systems show good performances even in the presence of strong errors without the necessity of any errors correction. Some standard error-correction codes are studied in the presence of multiple errors. This brief overview on a quantum error model as general as possible is concluded with some preliminary results on the effects of true two-qubit errors on the entanglement purification protocol.

Le Transizioni di Fase nella Materia Biologica

Eliano Pessa

*Centro Interdipartimentale di Ricerca in Scienze Cognitive, Università di Pavia
e Dipartimento di Psicologia
Università di Pavia*

Piazza Botta 6, 27100 Pavia, Italy, eliano.pessa@unipv.it

Il mondo della materia biologica, che include anche quello dei processi mentali e delle relazioni economiche e sociali, è caratterizzato da una serie di processi di cambiamento, normalmente di tipo strutturale profondo, il cui studio forma l'oggetto di molte discipline scientifiche come la Biologia, la Psicologia, la Sociologia e l'Economia. Il problema fondamentale a questo riguardo è quello di costruire una teoria di questi cambiamenti che consenta non solo di descriverli in modo sufficientemente formalizzato, ma anche di capire da cosa sono influenzati e se e fino a che punto si possono controllare. Finora l'unico approccio teorico allo studio dei cambiamenti esistente e in qualche modo funzionante è costituito dalla teoria delle transizioni di fase in Fisica. La questione che quindi si pone è se tale teoria sia applicabile così com'è allo studio dei cambiamenti nel mondo biologico o se debba essere generalizzata o addirittura sostituita da una completamente diversa.

A questo proposito occorre tener presente che l'unico quadro di riferimento teorico accettabile per la teoria delle transizioni di fase sembra essere quello basato sulla Teoria Quantistica dei Campi (TQC). Infatti in tale teoria si ha la possibilità di rappresentazioni unitariamente non equivalenti della dinamica di uno stesso sistema fisico (identificabili con le diverse fasi). Inoltre il processo di rottura di simmetria, con la conseguente comparsa di bosoni di Goldstone, consente di spiegare come una transizione di fase possa dar luogo a stati coerenti, la cui coerenza viene mantenuta a dispetto delle perturbazioni esterne. Si può tuttavia notare che tale quadro risulta incompleto quando si tenta di applicarlo alle circostanze concrete in cui si verificano le transizioni di fase nel mondo biologico. Infatti:

- 1) durante una transizione di fase si ha, in corrispondenza al punto critico, un passaggio dalla situazione quantistica a quella classica, dovuto alla divergenza delle fluttuazioni;
- 2) nel mondo biologico le transizioni di fase avvengono entro un volume finito e in tempi finiti, circostanza che obbliga a tener conto della comparsa di difetti di vario tipo;
- 3) il mondo biologico è affetto da rumore e da dissipazione che possono provocare perdita della coerenza quantistica;
- 4) il mondo biologico non è quasi mai descrivibile da dinamiche di tipo hamiltoniano, come quelle che invece sottostanno alla TQC;
- 5) il mondo biologico è spesso disordinato, grazie al ruolo preponderante dell'individualità; tuttavia occorre spiegare come questo apparente disordine produca comportamenti globali altamente ordinati (è il caso del cervello);
- 6) il mondo biologico ha una struttura a livelli molto complessa, nella quale nuovi livelli emergono da quelli più bassi e, a loro volta, influenzano la dinamica di questi ultimi; la TQC non possiede, per ora, meccanismi di questo tipo; infatti i modelli quantistici della comparsa di coerenza biologica (effetti Davydov e Fröhlich) riguardano solo i livelli più bassi.

Di fronte a questi problemi si possono presentare una serie di argomenti che mostrano come, in linea di principio, l'approccio basato sulla TQC possa affrontare i problemi 1)-6), a patto di essere ulteriormente generalizzata nelle seguenti direzioni:

- a) studio della equivalenza tra sistemi rumorosi e caotici, da un lato, e sistemi quantistici, dall'altro, nella direzione indicata dalla quantizzazione stocastica e da quella caotica; questo dovrebbe chiarire il concetto di "costante di Planck effettiva", che consentirebbe di allargare il dominio della TQC a fenomeni diversi da quelli delle particelle o degli atomi;
- b) generalizzazione dei formalismi hamiltoniani in modo da trattare anche i casi di processi dissipativi;
- c) studio delle interazioni tra difetti, in modo da studiare la formazione di gerarchie di livelli con un numero di livelli superiore a due;
- d) costruzione di una TQC dei sistemi aperti in presenza di vincoli di fitness (essenziali nei casi biologici);
- e) costruzione di modelli dell'ambiente più efficienti del solito sistema di oscillatori termici;
- f) generalizzazione della TQC in modo da includere, non solo processi di creazione e distruzione di particelle, ma anche processi di comparsa e scomparsa di campi di forze (effettivi);
- g) studio delle dinamiche (e non solo degli stati) all'interno della TQC, in modo da simularla numericamente con strumenti adatti (quantum trajectories, reti neurali, ecc.).

Lo studio di queste generalizzazioni sarebbe di grande utilità anche per l'analisi delle transizioni di fase nella materia non biologica.

Many-Body Physics and Nonlinear Brain Dynamics

Giuseppe Vitiello

*Department of Mathematics and Informatics, Salerno University,
and INFN, Gruppo Collegato, Salerno
I-84100 Salerno, Italy*

In a recent paper [1] it has been proposed a many-body model of nonlinear brain dynamics based on the thesis that mammalian neocortex supports dynamics sufficiently similar to the one of cooperative domains, such as cooperative domains in spin glasses, ensembles of phonons in crystals, coherent photons in lasers, condensation of vapors in crystal formation, etc., to warrant exploration of neurophysiological data and models in terms well-known by physicists. Our approach is evolving from the quantum field theory model proposed in 1967 by Umezawa and Ricciardi where the mechanism of spontaneous breakdown of symmetry was proposed to be the basic mechanism originating brain functions such as memory recording and recall. By considering the fact that brains are open, dissipative systems that consume free energy in creating large-scale behaviorally related spatiotemporal patterns, we extend the Umezawa-Ricciardi model to dissipative dynamics. Much attention is devoted in our model to the connection between specific features of the many-body dynamics, characteristic of the theory of quantum fields, and the rich phenomenology of neurophysiological data. We compare and contrast ECoG pattern formation in neocortex in terms of phase transitions in classical physics and spontaneous breaking of symmetry in quantum physics. A novel perspective in brain dynamics seems to emerge, unifying brain studies and condensed matter physics.

[1] Freeman WJ, Vitiello G (2006) Nonlinear brain dynamics as macroscopic manifestation of underlying many-body field dynamics. *Physics of Life Reviews* 3: 93-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plrev.2006.02.001>, <http://repositories.cdlib.org/postprints/1515>, <http://arxiv.org/q-bio.OT/0511037>

DNA as an information energy catalyst

Paolo Manzelli

Laboratorio di Ricerca Educativa - Universita' di Firenze

The Central Dogma of Molecular Biology says that DNA → RNA → Protein. This makes mechanical linear picture but is quite a typography for transferring generic information to wrote proteins. As a matter of fact this model now is criticized by biochemical science because it is incomplete in terms of what's really going on in the interactive communication between DNA Enzymes and Proteins , to co-organize the metabolic cell's system till the programmed regulatory tools of the cellular Apoptosis. This complex circle of the living cells need the activity of a powerful catalyst . DNA/RNA activities are the more proper bio-catalyst. In fact the DNA as a catalytic nanotechnology do not change itself during of the self-reproduction of DNA copies in each metabolic cycles. The catalytic activity of DNA/RNA coupling can be explained as a model of biological sono-chemical reactivity based on bio-phonons communication in the living cells.

I See for Instance:

http://www.edscuola.it/archivio/lre/chemical_bases.htm

and : http://www.edscuola.it/archivio/lre/what_means_life.htm

The theory of formal languages and quantum automata

Mario Rasetti

DIFIS - Dipartimento di Fisica I
Facoltà di Ingegneria – Politecnico di Torino

The possibility of constructing families of finite states quantum automata capable of accepting the language generated by finitely presented groups is discussed. Such automata simulate processes whose transition amplitudes may provide information about the group invariants of increasing order. These results can be interpreted in terms of ‘processing of words’ written in the alphabet given by the generators of the group in a specific representation, in such a way that the expectation value associated with the automaton evolution describe a hierarchy of self measurements of the automaton itself.

A generalized definition of self-reference

P. A. Zizzi

Dipartimento di Matematica Pura ed Applicata

Via Trieste, 63

35121 Padova, Italy

zizzi@math.unipd.it

Classically, self-reference can be formalized as a particular function F from the object-language to the metalanguage. Here, we generalize the standard definition of self-reference by a composite function $F(f)$, where f is a function from the object-language to itself, which is needed to deal with the multiplicative (non idempotent) connectives of substructural logics. We show that this generalization can signal cases where the corresponding metalanguage is non self-referential, and hence paradox-free. As an example, we discuss the language of a quantum computer in an entangled state.

Quantum States in Proteins

Massimo Pregnotato

*PBL – Pharmaceutical Biocatalysis Laboratories
Dipartimento di Chimica Farmaceutica, Università di Pavia*

Protein conformational dynamics are responsible of activities in living cells. According Hameroff and Tuszinski such conformational dynamics are in turn governed by quantum mechanical van der Waals London forces in intra-protein “hydrophobic” pockets. In assemblies of proteins with periodic lattice geometry such as cytoskeletal actin and microtubules (as well as ordered water on their surfaces), Bose-Einstein condensation, quantum coherent superposition and quantum computation with entanglement may occur as a collective effect of these forces due to metabolic coherent phonon pumping. Decoherence can be avoided through isolation/shielding by actin gelation, Debye layer screening and water/ion ordering and topological quantum error correction. As an example, quantum spin transfer through organic molecules is more efficient at higher temperatures than at absolute zero. The unitary oneness and ineffability of living systems may depend on mesoscopic/macroscopic quantum states in protoplasm. The main theories upon Quantum States in Protein will be presented opening.