



INCONTRI DI FILOSOFIA DELLA SCIENZA

Fondamenti
della meccanica
quantistica

interventi di
Ignazio LICATA

(Università di Messina)

Gianfranco BASTI

(Pontificia Università Lateranense)

mercoledì

9 gennaio 2013

h. 16.30

Università degli Studi **Tor Vergata**

Cappella di S. Tommaso d'Aquino

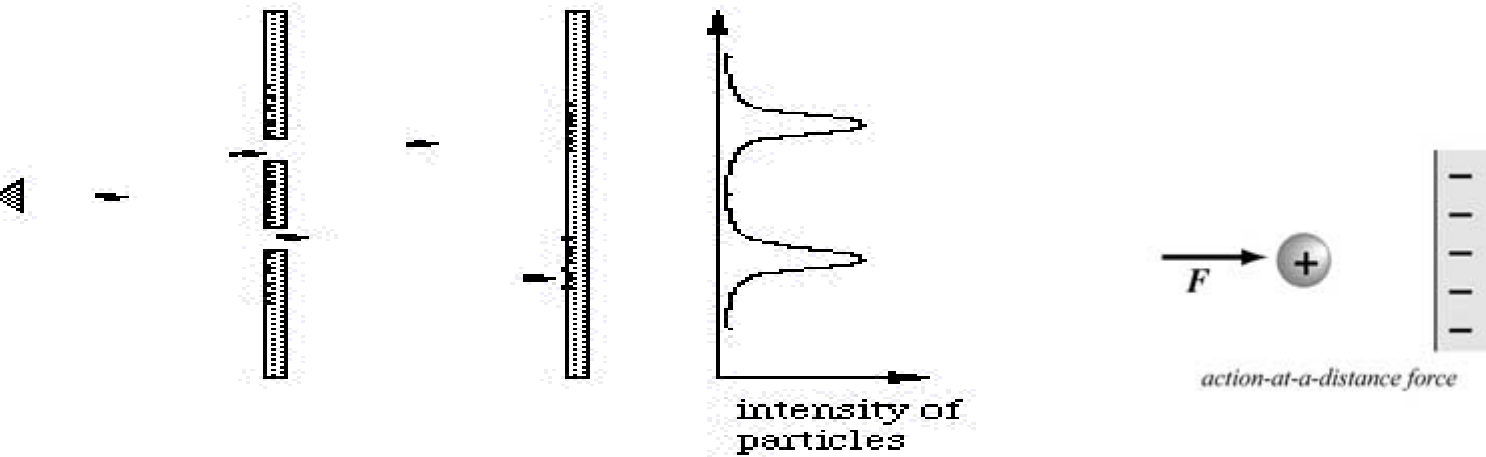
Presso la Facoltà di Scienze MM. FF. NN

**Che cos'è la fisica
quantistica e chi ha
bisogno di
“Interpretazioni”
della Fisica
Quantistica?**

**Dalla meccanica
quantistica alla
teoria quantistica
dei campi**

I misteri della fisica classica,
ovvero: l'emergente si vede
prima!

Particella classica: localizzabile, dunque “immobile”.
L'informazione sull'oggetto può sempre essere estratta
completamente, senza alcuna incertezza se non
“pratica”



Catastrofi Classiche....

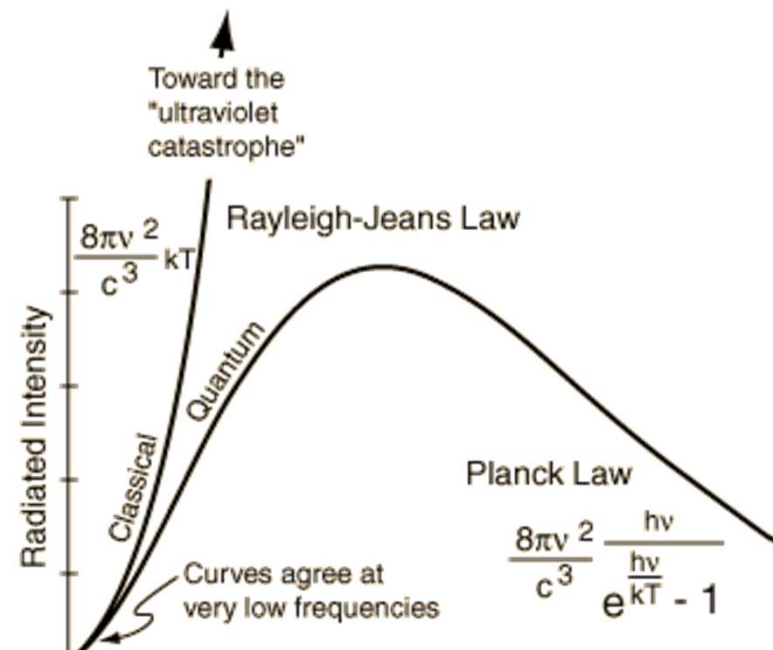
Problemi nella descrizione dell'interazione
radiazione- materia, in particolare:

Legge del corpo nero (“Catastrofe
ultravioletta”)

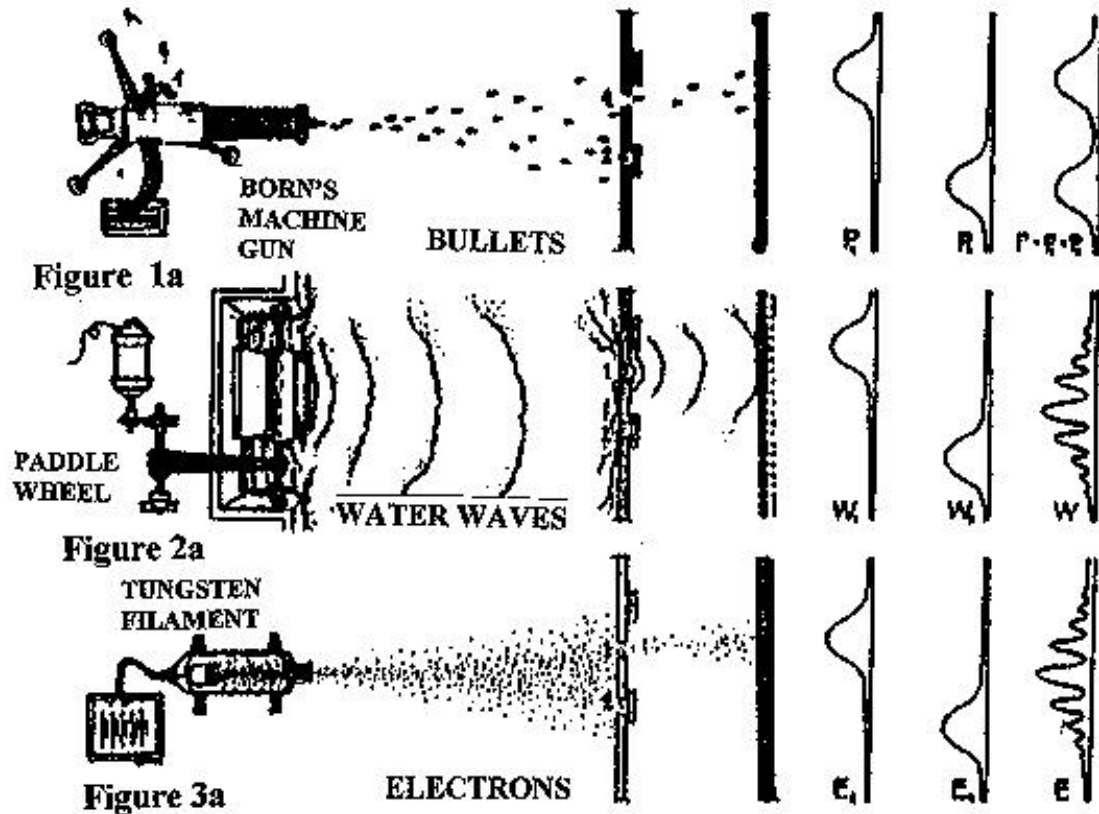
Terzo principio della termodinamica

“Catastrofe del Freddo”)

Planck “salva” la stabilità della materia con l’ipotesi dei “quanti”



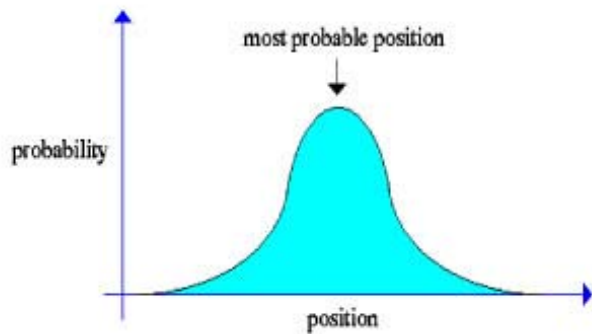
Fisica Quantistica



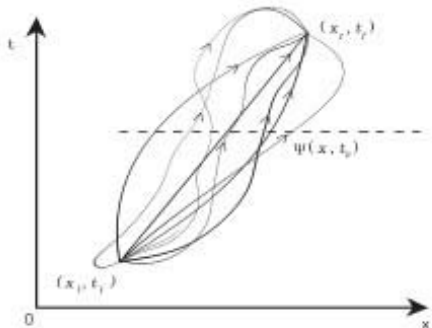
La frequenza degli elettroni è diversa dalla frequenza

Three steps towards Quantum Mechanics

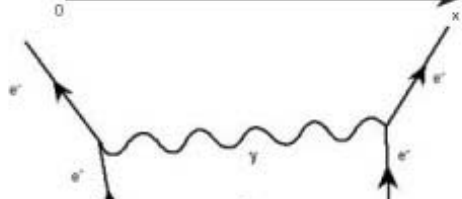
Quantum Wave Function



Probability



Path Integrals



Feynman Diagrams

Entra in scena la Quantum Mechanics

La teoria quantistica introduce il dualismo onda-particella, la sovrapposizione degli stati (il gatto di Schrödinger!), l'aspetto "granulare" dell'energia ed il principio di indeterminazione di Heisenberg.

È non-locale ed indeterminista.

Un sistema quantistico è descritto da una funzione d'onda che ne esprime le storie dinamiche in termini probabilistici

“Assiomi” della Meccanica Quantistica

- a) Lo stato di un sistema fisico è rappresentato da un vettore di stato $|\psi\rangle$ appartenente ad uno spazio di Hilbert;
- b) Ad ogni operazione di misura corrisponde un operatore hermitiano \hat{O} ;
- c) I risultati di una misura \hat{O} sono i corrispondenti autovalori a_n ;
- d) L'evoluzione del vettore di stato è data da:

$$|\psi(t)\rangle = T(t)|\psi(0)\rangle$$

In questa espressione $|\psi(0)\rangle$ è il vettore di stato all'istante iniziale, $|\psi(t)\rangle$ è il vettore del sistema al tempo t . $T(t)$ è un particolare operatore, detto **operatore di evoluzione**, che descrive lo sviluppo del sistema. Un esempio è l'equazione di Schrödinger;

Probabilità frequentista:

e) Il risultato di una serie di misurazioni \hat{O} su di un insieme di sistemi uguali è un valore medio a ;

Il “V postulato” della MQ: collasso del vettore di stato:

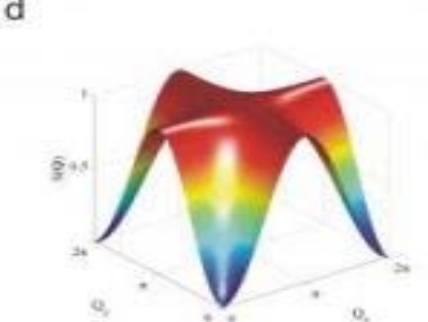
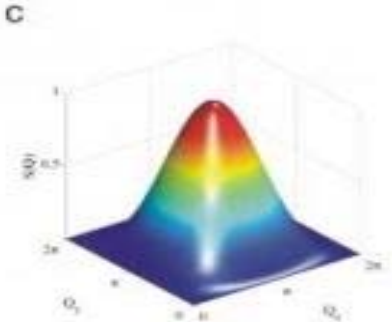
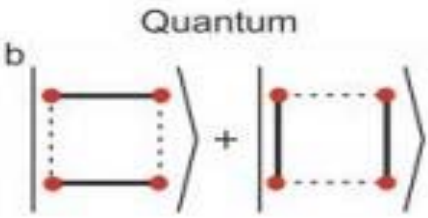
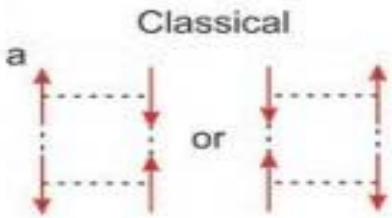
f) Se si effettua una misura \hat{O} su un sistema fisico descritto dal vettore di stato $|\psi\rangle$ e questa fornisce il valore a_i , allora all'atto della misura il vettore di stato $|\psi\rangle$ è diventato l'autovettore $|a_n\rangle$, correlato agli autovalori a_n , che vengono prodotti con l'applicazione su di esso dell'operatore \hat{O} .

Principio di Heisenberg: forma *naive*




$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

Entanglement e Sovrapposizione



A black and white photograph of Albert Einstein riding a bicycle. He is wearing a light-colored cardigan over a collared shirt and dark trousers. The background shows a building and some foliage.

*Dio non gioca
a dadi*

A photograph of a man in a dark blue zero-gravity suit floating in a large, cylindrical simulator. He is smiling and looking towards the camera. The simulator has logos for 'www.goZeroG.com' and 'THE HARBOR TRUST' on its interior wall. Other people in similar suits are visible in the background, also floating.

*Dio non soltanto gioca a dadi,
ma li getta là dove non
possiamo vederli.*

Classical and Quantum World

Explicate Order

Località

Determinismo

Continuità

Formazione di

non-Turing



Implicate Order

Non-località

Indeterminismo

Quantum Jumps

Informazione “nascosta”



Tre approcci per *una meccanica quantistica*



La differenza è data dalla questione del “realismo” in fisica, ossia la possibilità di descrivere i fenomeni quantistici dentro o fuori una tradizionale “cornice” spazio-temporale. Heisenberg riteneva che possiamo descrivere fisicamente solo ciò che possiamo misurare, per cui il concetto di “osservabile” è l’unico centrale e vengono espulsi tutti i concetti “classici” come quello di “traiettoria”, mentre per Schrödinger la funzione d’onda aveva non soltanto un valore probabilistico ma una



Bohmian Mechanics and Quantum Field Theory

Detlef Dürr,^{1,*} Sheldon Goldstein,^{2,†} Roderich Tumulka,^{3,‡} and Nino Zanghì^{3,§}

¹*Mathematisches Institut der Universität München, Theresienstraße 39, 80333 München, Germany*

²*Departments of Mathematics and Physics - Hill Center, Rutgers,*

The State University of New Jersey, 110 Frelinghuysen Road, Piscataway, NJ 08854-8019, USA

artimento di Fisica dell'Università di Genova and INFN sezione di Genova, Via Dodecaneso 33, 16146 Genova, Italy

(Dated: August 23, 2004)

We discuss a recently proposed extension of Bohmian mechanics to quantum field theory. For more or less any regularized quantum field theory there is a corresponding theory of particle motion, which in particular ascribes trajectories to the electrons or whatever sort of particles the quantum field theory is about. Corresponding to the nonconservation of the particle number operator in the quantum field theory, the theory describes explicit creation and annihilation events: the world lines for the particles can begin and end.

$$\frac{\hbar^2 \left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) |\psi\rangle}{m^2 c^2 |\psi\rangle} = M^2 = m^2 (1 + Q)$$

Statistiche: come le cose *stanno assieme*

Particelle Quantistiche vs particelle classiche

Particelle classiche:	statistica di Boltzmann
Particelle quantistiche - Fermioni:	statistica di Fermi-Dirac.
Particelle quantistiche - Bosoni:	statistica di Bose-Einstein.

Spin e statistica

Fermioni	→	spin semi-intero (gli elettroni sono fermioni).
Bosoni	→	spin intero (i fotoni sono bosoni).

Bose nel 1924 elabora una teoria per particelle a spin intero. La distribuzione risultante, nota come funzione di distribuzione di Bose-Einstein e' data da:

$$f_{BE}(E) = \frac{1}{e^{\alpha} e^{\frac{E}{kT}} - 1}$$

Fermi e Dirac elaborano la teoria per le particelle che obbediscono al principio di esclusione di Pauli. La distribuzione risultante e' nota come distribuzione di Fermi-Dirac ed e' data da:

$$f_{FD}(E) = \frac{1}{e^{\alpha} e^{\frac{E}{kT}} + 1}$$

La distribuzione di Boltzmann puo' essere scritta come:

$$f_B(E) = \frac{1}{e^{\alpha} e^{\frac{E}{kT}}}$$

TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI: "TUTTO FLUTTUA"

Ovvero:

Né Onde né Particelle!

Osservabile fisica	Oscillatore classico	Oscillatore quantistico
Ampiezza massima	Variabile con continuità	Può assumere solo i valori $\sqrt{\hbar/m\omega(n + 1/2)}$
Ampiezza minima	Zero, quiete	$\sqrt{\hbar/2m\omega}$
Velocità massima	Variabile con continuità	Può assumere solo i valori $\sqrt{\hbar m\omega(n + 1/2)}$
Velocità minima	0	$\sqrt{2\hbar m\omega}$
Energia	Variabile con continuità ≥ 0	Livelli $E_n = \hbar\omega(n + 1/2)$

Principio di Heisenberg: Versione “nobile”

$$\Delta n \Delta \varphi \geq h$$

dove n è il numero di quanti del campo, e φ è la fase del campo. Possiamo considerare due casi estremi di grande interesse:

a) $\Delta n=0$ e φ totalmente indefinita: questo corrisponde al caso in cui non è possibile definire una fase precisa con un numero di quanti ben definito, ed è dunque legittimo trascurare gli aspetti ondulatori in favore di quelli particellari;

b) $\Delta \varphi=0$ ed n indefinito: è il caso in cui un numero estremamente alto di quanti oscillano assieme secondo una ben definita fase di oscillazione. Sono questi i fondamentali *domini di coerenza*, sui quali ritorneremo più avanti, e gli aspetti ondulatori hanno la prevalenza su quelli particellari.

Teorema di Bell

1. La MQ è incompleta, ed il ricorso alla probabilità è dovuto alla nostra ignoranza sugli aspetti "fini" del mondo. Una teoria completa dovrà reintrodurre nella fisica, tramite *variabili nascoste*, il realismo classico, la località ed il determinismo. Questa è la ben nota posizione di Einstein ("*Dio non gioca a dadi*");
2. La realtà fisica è completamente descritta dalla MQ, e dunque non è descrivibile indipendentemente dalle scelte dell'osservatore. In particolare bisogna abbandonare l'idea di una descrizione in termini di oggetti localizzati nello spazio e nel tempo. Questa è la posizione di Bohr ed in generale rappresenta bene il paradigma di Copenaghen.
3. Né la fisica classica né la MQ sono una descrizione completa della realtà fisica, che trova invece la sua più completa rappresentazione nei campi quantizzati che descrivono l'interazione tra materia e vuoto quantistico.

Quantum vacuum friction

C W Davies

Australian Centre for Astrobiology, Macquarie University, New South Wales, 2109, Australia

Received 25 October 2004, accepted for publication 7 December 2004

Published 1 March 2005

Online at stacks.iop.org/JOptB/7/S40

Abstract

The quantum vacuum may in certain circumstances be regarded as a type of medium, or aether, exhibiting energy density, pressure, stress and viscosity. Vacuum friction may be thought of as being responsible for the spontaneous creation of particles from the vacuum state when the system is non-stationary. Examples include the expanding universe, rotating black holes, moving mirrors, atoms passing close to surfaces, and the activities of cellular biosystems. The concept of vacuum friction will be reviewed and illustrated, and some suggestions for future experiments made.

$$T = \frac{\hbar a}{2\pi ck}$$

Accelerazioni nel vuoto: effetto Fulling–Davies–Unruh

Classical Trajectories and Quantum Field Theory

Giuseppe Vitiello

*Dipartimento di Fisica "E.R. Caianiello", Università di Salerno, 84100 Salerno, Italy
INFN, Gruppo Collegato di Salerno and INFN, Sezione di Salerno*

Received on 11 December, 2004

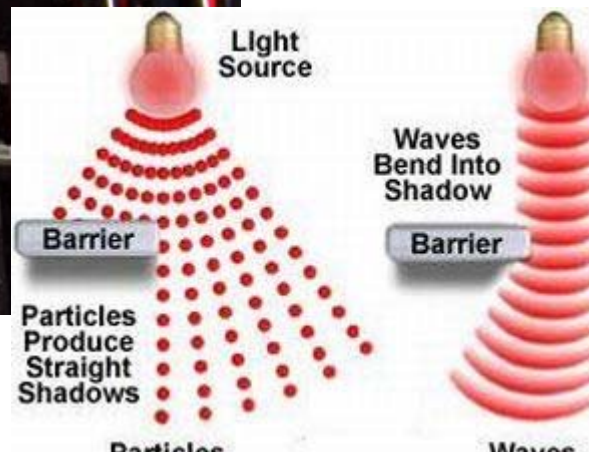
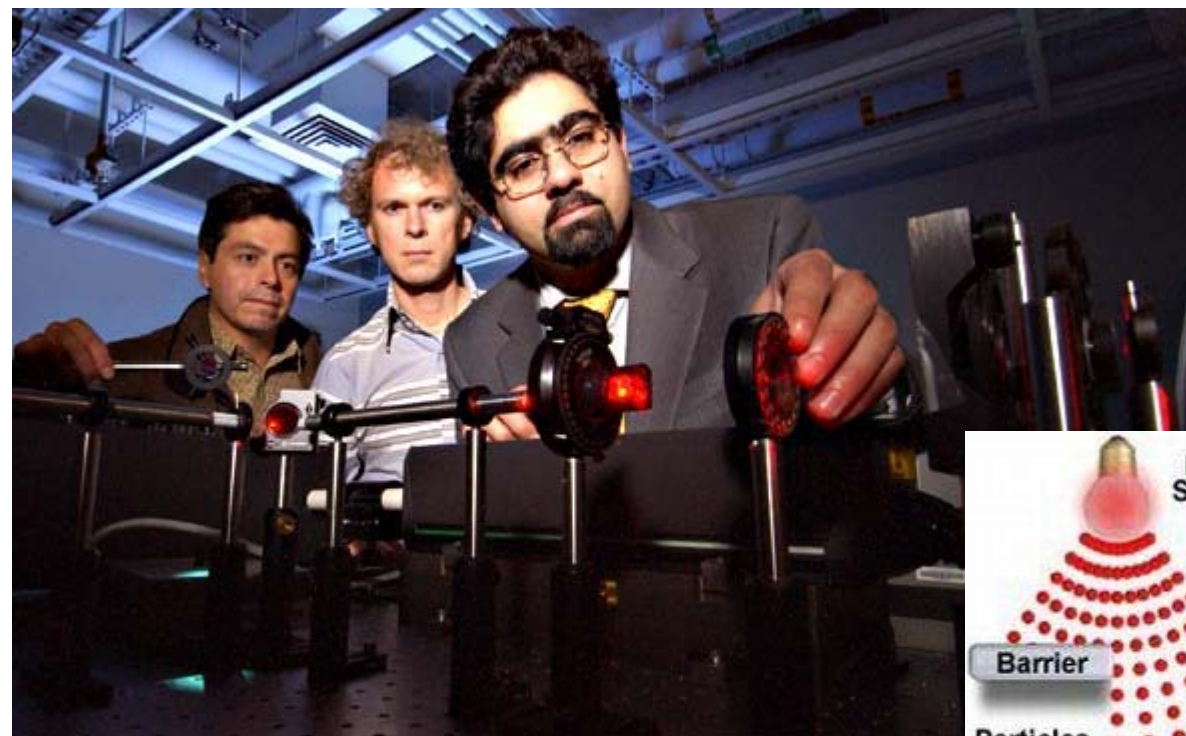
The density matrix and the Wigner function formalism requires the doubling of the degrees of freedom in quantum mechanics (QM) and quantum field theory (QFT). The doubled degrees of freedom play the role of the thermal bath or environment degrees of freedom and are entangled with the system degrees of freedom. They also account for quantum noise in the fluctuating random forces in the system–environment coupling. The algebraic structure of QFT turns out to be the one of the deformed Hopf algebra. In such a frame, the trajectories in the space of the unitarily inequivalent representations of the canonical commutation relations turn out to be classical trajectories and, under convenient conditions, they may exhibit properties typical of classical chaotic trajectories in nonlinear dynamics. The quantum Brownian motion and the two-slit experiment in QM are discussed in connection with the doubling of the degrees of freedom.



?

**La funzione d'onda della MQ non è altro che un sottile
"ricoprimento statistico" dei processi "fini" descritti
dalla QFT!**

Wave/Particles no mysteries in Afshar Experiment!



Fluttuazioni e Domini di Coerenza: Come emergono le strutture dal vuoto quantistico

Nella fisica classica lo stato di minima energia è dato dall'assenza di moti di particelle e di campi, ed abbiamo visto che è uno stato che mina alle fondamenta il mondo fisico. Nella meccanica quantistica tradizionale è molto simile a quello classico (*vuoto semi-classico*). Nella QFT le fluttuazioni giocano un ruolo essenziale che permette l'emergere di configurazioni complesse. Innanzitutto il vuoto agisce come agenzia di smistamento di energia (*teorema di Callen- Welton*), e le fluttuazioni allontanano il sistema quantistico da uno stato di energia non minima, dunque instabile, per farlo andare verso la configurazione stabile di minimo detta Ground State.

Free Electron Laser

ne accade quando una fluttuazione interagisce con N oggetti capaci di oscillare, dove N è un numero altissimo, almeno dell'ordine del numero di Avogadro 10^{23} ?

immaginiamo una fluttuazione di frequenza tale che porta una molecola in uno stato eccitato, questo indurrà delle correnti EM che si propagheranno anche dopo che la fluttuazione iniziale è finita, che comunica modifiche energetiche ad altre molecole, con un effetto “ a cascata” il cui esito sarà un *phase - linking* tra molecole e campo tale da indurre ad un'oscillazione sincronizzata detta *Coherent Ground State (CGS)*. Questo stato è di interesse particolare perché è stabile e ben strutturato: la *collettività N entra in una fase coerente attraverso le transizioni energetiche di restituzione al vuoto che è tanto più forte quanto più è grande N* , in accordo con il principio di Heisenberg generalizzato che abbiamo introdotto

DOMAINS IN AQUEOUS SOLUTIONS: THEORY AND EXPERIMENTAL EVIDENCE

CARMİ A. YINNON

*The Fritz Haber Center for Molecular Dynamics,
The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem 91904, Israel*

TAMAR A. YINNON

*L. Water Center, K. Kalia, D.N. Kikar Jordan 90666, Israel
lwcdsrc@kalia.org.il*

Received 22 September 2008

Revised 2 January 2009

Experimentally observed aggregates in under-saturated aqueous solutions are analyzed. Aggregates studied include: 0.5 to 6 micrometer-sized domains composed of solvated strong electrolyte ions, organic- or bio-molecules; clusters of up to 280 water molecules.

Hitherto, the customary electrostatic (ES) theories could not explain the formation of these large aggregates. Recently, it was shown that quantum electrodynamic (QED) interactions might affect the structure of solutions. Our analysis indicates that these interactions cause the observed aggregations.

We found the observed aggregate characteristics conform to those of QED coherent domains. For example, QED predicts that dilution, e.g. from 2 M to 1 M, causes an increase of several hundred percent in the size of domains composed of solvated coherently oscillating molecules or ions. For solutions of DNA or NaCl, the measured cluster size as a function of concentration is available in the literature. We found it to be in agreement with the QED predictions.

Il punto sul quale vogliamo soffermarci riguarda il **concetto di “collettività”**. Nell'esempio fatto lo stato coerente e cooperativo va inteso in senso molto forte, come una **perdita dell'individualità particellare** (cosa sperimentalmente ben nota in fenomeni come la superconduttività, la superfluidità, e che non c'è dunque alcun motivo di negare all'onda elettronica del classico esperimento di diffrazione in MQ), a favore di un comportamento di campo. In questo senso, **l'approccio della QFT è profondamente sistemico e non riduzionistico**, perché il comportamento ondulatorio e quello particellare smettono di essere caratteristiche fondamentali, ma dipendono dal bilancio energetico globale del sistema, e si ha una **transizione da una coerenza temporale (l'oscillazione di fase) ad una**



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Annals of Physics 305 (2003) 83–95

ANNALS
of
PHYSICS

www.elsevier.com/locate/aop

Field quantization and wave particle duality

M. Cini

*Dipartimento di Fisica, Roma Istituto Nazionale di Struttura della Materia,
Università La Sapienza, Rome, Italy*

Received 6 November 2002

ality is no longer a puzzling phenomenon. The wave particle duality is instead, in this new perspective, only the manifestation of two complementary aspects (continuity vs. discontinuity) of an intrinsically nonlocal physical entity (the field) which objectively exists in ordinary three-dimensional space. This theory, in which the field's statistical properties are represented by Wigner pseudoprobabilities deduced without any reference to Schrödinger wave functions, is based on two postulates. The first one is the requirement of invariance under canonical transformations of the probability distributions of a classical statistical description of the field's state. This invariance leads to an uncertainty relation for the conjugated variables of the field's oscillators. The second postulate is quantization. This means to assume that the intensity of each monochromatic wave should only have discrete values instead of the continuous range allowed by the classical theory. These two postulates can be satisfied only if the system's physical variables are represented by noncommuting numbers. In this way what is generally assumed as a basic mathematical postulate in the standard formulation of quantum mechanics, follows from the physical postulates of the theory.

This deduction from first principles of the Wigner–Feynman pseudoprobabilities may help in increasing the consensus currently acquired in some domains of physics such as quantum optics [7] (leading even to a proposal for their experimental determination [8]) on their use as the most adequate representation of the random character of quantum phenomena. Finally, the direct deduction of Wigner functions from first principles solves a puzzling unanswered question which has been worrying all the beginners approaching the study of our fundamental theory of matter, all along its 75 years of life, namely “Why should one take the modulus square of a wave amplitude in order to obtain the corresponding probability?” We can now say that there is no longer need of an answer, because there is no longer need to ask the question.

Sviluppando l'approccio operatoriale di Pascual Jordan, è possibile introdurre, senza alcun imbarazzo concettuale o modificazione, le **probabilità negative**, così naturali nella teoria quanto-relativistica, e che perdono di senso se si accetta l'interpretazione probabilistica, secondo le quali una probabilità dev'essere per definizione positiva. Queste probabilità negative, o **pseudo-probabilità**, implicano la sostituzione della variabile puntuale di posizione con una distribuzione più complessa, espressa matematicamente attraverso le **funzioni di Wigner-Feynman**, il cui significato fisico può essere espresso dicendo che una particella non è localizzata in un punto dello spazio, ma è diffusa in una zona non inferiore alla sua lunghezza d'onda Compton. Questo carattere *solitonico* delle particelle, analogo a quello postulato dalla SIQM, implica la possibilità di descrivere effetti non-locali. Scrive Marcello Cini:

So bene che indietro non si torna, e che i fisici continueranno a considerare l'equazione di Schrödinger un pilastro fondamentale della loro disciplina, ma a me basta aver finalmente capito, dopo averla insegnata per cinquant'anni, che le funzioni d'onda possono raggiungere l'etere nel magazzino dei rohivecch♯.

What QM is fixed by QFT?

A general framework for R processes (“clicks”)

physics > physics > arXiv:1204.6636

Search or Article-id (Help | Advanced search)

All papers Go!

physics > General Physics

The transaction as a quantum concept

Leonardo

(submitted on 24 Apr 2012)

This essay intends to present a novel approach to the concept of "transaction" in quantum physics. Speaking with Cramer's original theory, the transaction is not connected to the simultaneously retarded and advanced spacetime propagation of classical fields, as in the spirit of Wheeler-Feynman electrodynamics. Instead, the transaction is seen as an archetypal structure intrinsic within the quantum formalism. The present approach is advantageous in that, while preserving the essential point of Cramer's theory, is also fully consistent with the standard quantum formalism. In particular, it has the advantage of avoiding the introduction of elements which are completely extraneous to quantum formalism (such as the propagation of physical waves in four-dimensional spacetime, the phase difference between offer and confirmation waves which is necessary for the elimination of "tails", the echoing mechanism, etc.)

Comments: 30 pages; invited contribution to an overseas forum on transactional interpretation (2011)

Subjects: General Physics (physics.gen-ph)

Classes: 81P05

Download:

- PDF only

Current browse context:

physics.gen-ph
< prev | next >
new | recent | 1204

Change to browse by:

physics

References & Citations

- NASA ADS

Bookmark (what is this?)

ScienceWISE