

Settore IV: Metodi Matematici

Iniziativa specifica: GE 41

Meccanica Quantistica

Responsabile locale: G.C. Ghirardi

**Presentazione: “Problemi Aperti in Meccanica
Quantistica”***

Angelo Bassi

* Si ringrazio il Dott. Paolo Solinas per aver concesso l'utilizzo delle immagini nelle slides 8-11.

Professori:

G.C. Ghirardi

E. Gozzi

T. Weber

Postdoc:

A. Bassi

L. Marinatto

D. Mauro

Dottorandi:

E. Ippoliti

D. Salvetti

ELENCO PUBBLICAZIONI ANNI 2002/2003

- 1) A. Bassi and G.C. Ghirardi, *Phys. Rev. A* **65**, 042114 (2002).
- 2) A. Bassi and G.C. Ghirardi, *Phys. Lett. A* **309**, 24 (2003).
- 3) A. Bassi and G.C. Ghirardi, *Phys. Rep.* **379**, 257 (2003).
- 4) P. Carta and D. Mauro, *Nucl. Phys. Proc. Suppl.* **104**, 247 (2002).
- 5) G.C. Ghirardi, L. Marinatto, T. Weber, *Journ. Stat. Phys.* **108**, 49 (2002).
- 6) G.C. Ghirardi and L. Marinatto, *Fortsch. Physik* **51**, 379 (2003).
- 7) E. Gozzi and D. Mauro, *Ann. Phys.* **296**, 152 (2002).
- 8) E. Gozzi, *Nucl. Phys. Proc. Suppl.* **104**, 243 (2002).
- 9) L. Marinatto, *Phys. Rev. Lett.* **90**, 258901 (2003).
- 10) D. Mauro, *Int. J. Mod. Phys. A* **17**, 1301 (2002).

ARTICOLI ACCETTATI PER LA PUBBLICAZIONE

- 11) A. Bassi, “Stochastic Schroedinger Equations with General Complex Gaussian Noises”, preprint *quant-ph/0209170*. To appear in: *Phys. Rev. A*.
- 12) F. Benatti and L. Marinatto, “On deciding whether a Boolean function is constant or not”, preprint *quant-ph/0304073*. To appear in: *Int. J. Quant. Inf.*
- 13) D. Mauro, “A New Quantization Map”, preprint *quant-ph/0305063*. To appear in: *Phys. Lett. A*.
- 14) D. Mauro, “Cartan Calculus via Pauli Matrices”, preprint *quant-ph/0208190*. To appear in: *Int. J. Mod. Phys. A*.

LINEE DI RICERCA

1. Equazioni differenziali stocastiche e modelli di riduzione dinamica

(G.C. Ghirardi, A. Bassi, E. Ippoliti, D. Salvetti)

2. Tempo e quantizzazione

(E. Gozzi, D. Mauro)

3. Quantum computation & information

(G.C. Ghirardi, T. Weber, A. Bassi, L. Marinatto)

EQUAZIONI DIFFERENZIALI STOCASTICHE



white noise
(evoluzione markoviana)

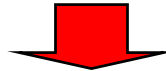


- a. **Matematicamente, la teoria e' stata ampiamente studiata.**
- b. **Applicazioni fisiche**
trattazione analitica:
→ andamento asintotico
trattazione numerica:
→ evoluzione a tempi finiti

non-white noise
(evoluzione non-markoviana)



- a. **Matematicamente, si conosce ancora poco**
→ **Stiamo sviluppando la teoria.**
- b. **Applicazioni fisiche e confronto con il white-noise case.**



APPLICAZIONE:

- 1) **Modelli di riduzione dinamica.**
- 2) **Sistemi quantistici aperti.**

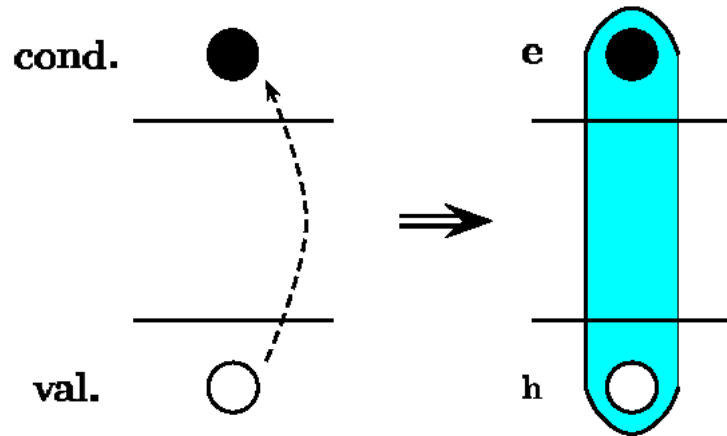
TEMPO E QUANTIZZAZIONE

- La **Meccanica Classica** puo' essere formulata **operatorialmente** (Koopman e von Neumann, 1930).
- La teoria di Koopman e von Neumann puo' essere riformulata mediante **path-integral**, a patto di allargare lo spazio delle fasi e di includere, oltre al **tempo**, due ulteriori variabili grassmanniane (Gozzi et al.).
- In questo approccio, la **quantizzazione** si realizza mandando a zero le due variabili grassmanniane associate al tempo.

QUANTUM COMPUTATION

- La **quantum computation** sembra ammettere algoritmi **piu' veloci** della computazione classica, per la risoluzione di problemi (esempio: fattorizzazione dei numeri interi).
- La sfida principale e' la **costruzione di computer quantistici** in grado di implementare tali algoritmi.
- Problema: la **decoerenza** sopprime la coerenza di fase tra i termini di una sovrapposizione quantistica.

QUANTUM COMPUTATION WITH QUANTUM DOTS

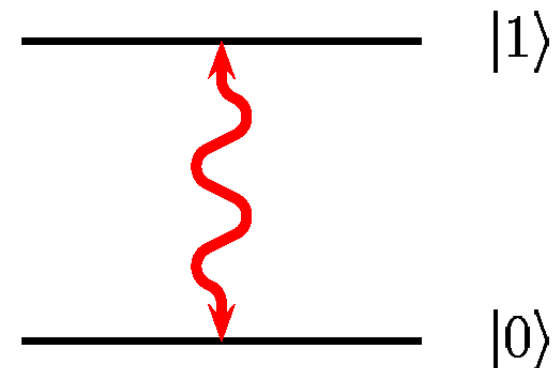


Quando un elettrone della banda di valenza del quantum dot passa alla banda di conduzione, si crea una coppia elettrone buca (eccitone).

Base computazionale:

$|0\rangle$ nessun eccitone.

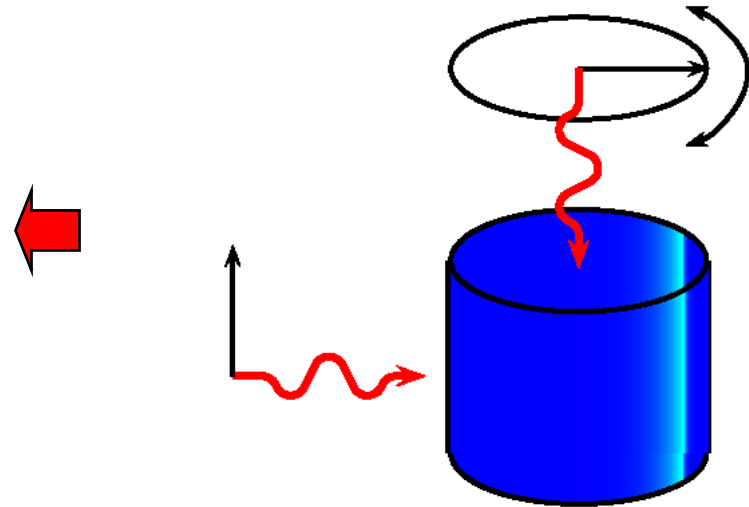
$|1\rangle$ un eccitone.



Controllo mediante laser super-veloci (fs). Più veloce dei tempi di decoerenza (100ps).

OPERAZIONI

Gli stati vengono manipolati con **tre laser a polarizzazione lineare e circolare** (positiva e negativa).



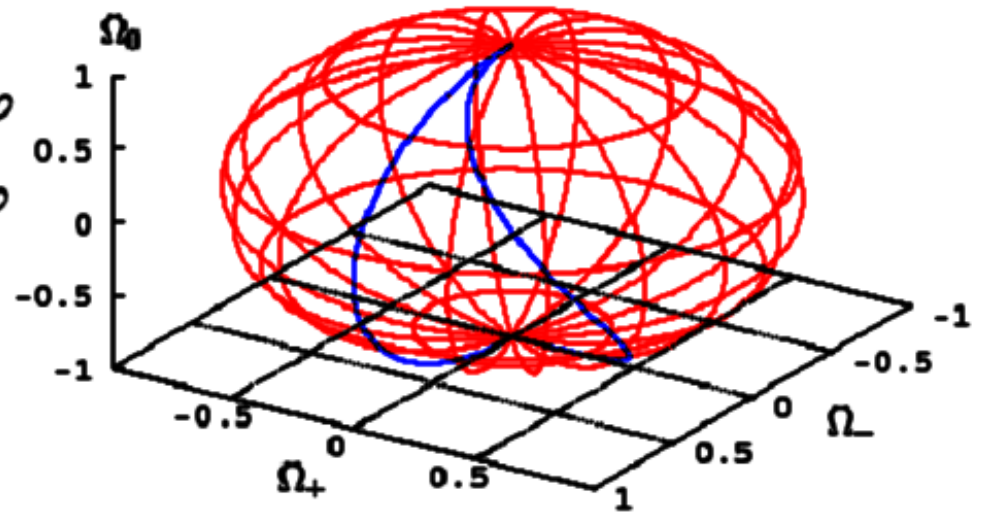
In questo modo e' possibile realizzare **qualsiasi** porta logica quantistica

➔ La dinamica dipende da **tre parametri** (le intensita' dei laser) Ω_0 Ω_+ Ω_-

ESEMPIO

Mixing gate

$$\begin{cases} \Omega_- &= \Omega \sin \theta \cos \varphi \\ \Omega_+ &= \Omega \sin \theta \sin \varphi \\ \Omega_0 &= \Omega \cos \theta \end{cases}$$

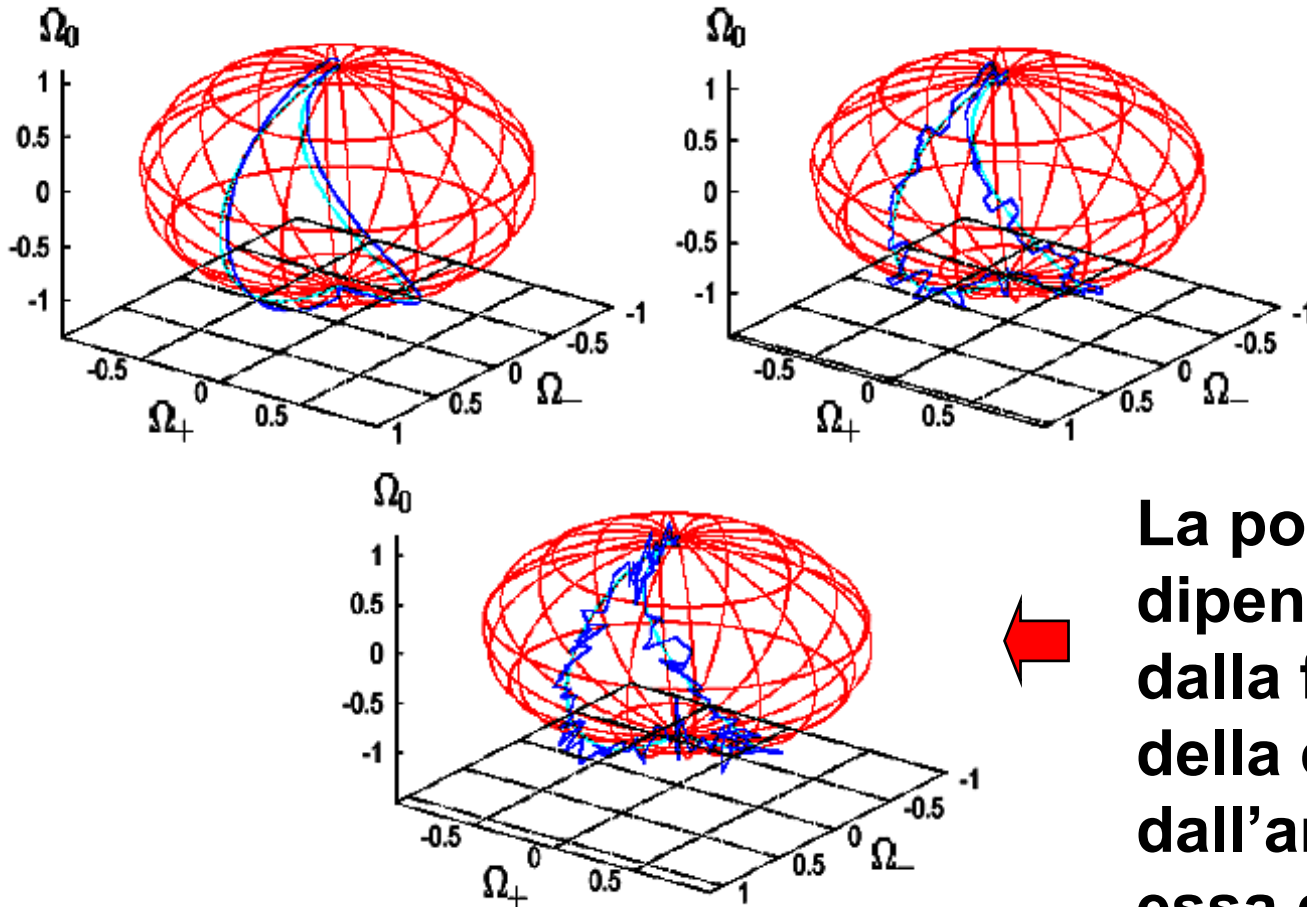


- Two parameters $\theta - \varphi$
- We change laser intensity

In questo modo viene realizzato il gate:

$$U_1 = e^{i\phi\sigma_y} \quad \Phi \text{ e' l'angolo solido descritto dalla curva}$$

VANTAGGI



La porta logica dipende non tanto dalla forma esatta della curva, ma dall'angolo solido da essa descritto.

Le porte logiche sembrano essere “robuste” rispetto alle fluttuazioni nell'intensita' del laser.