

Informazione e quanti

Giacomo Mauro D'Ariano
Università degli Studi di Pavia

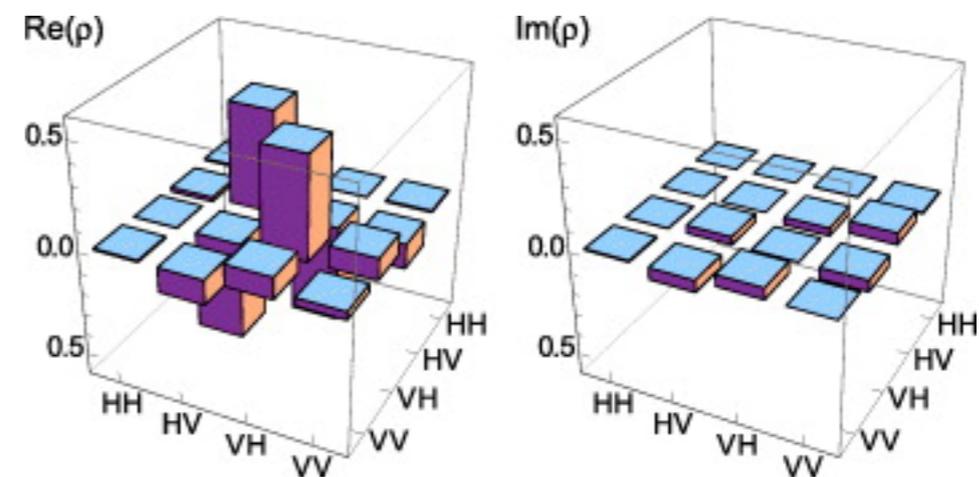
*Cento anni dalla nascita di Claude E. Shannon
ovvero
la teoria dell'informazione oggi e domani*



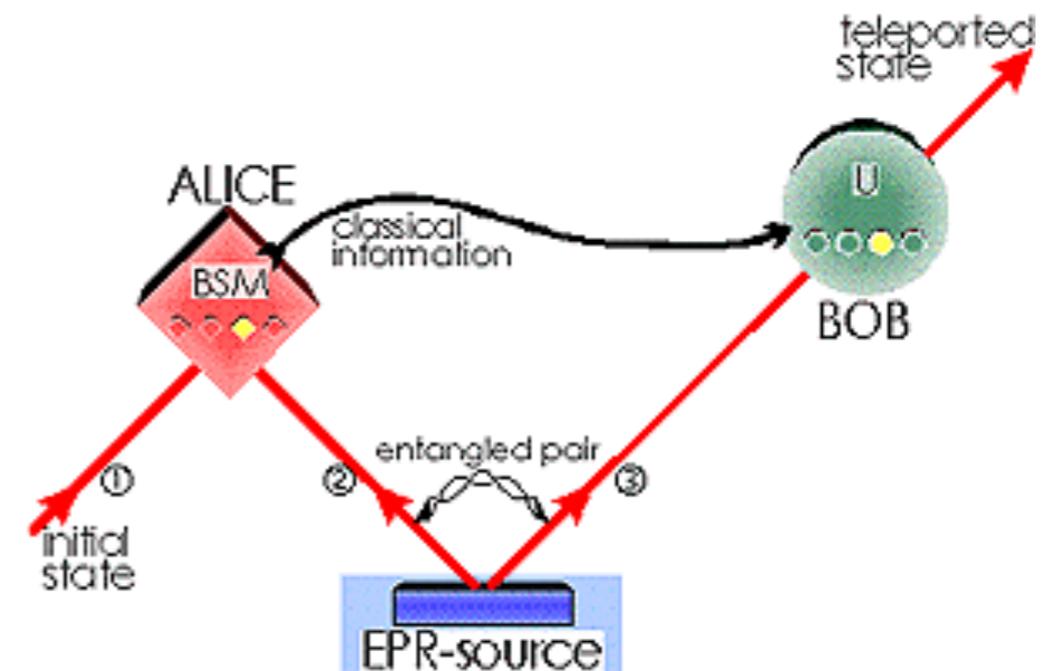
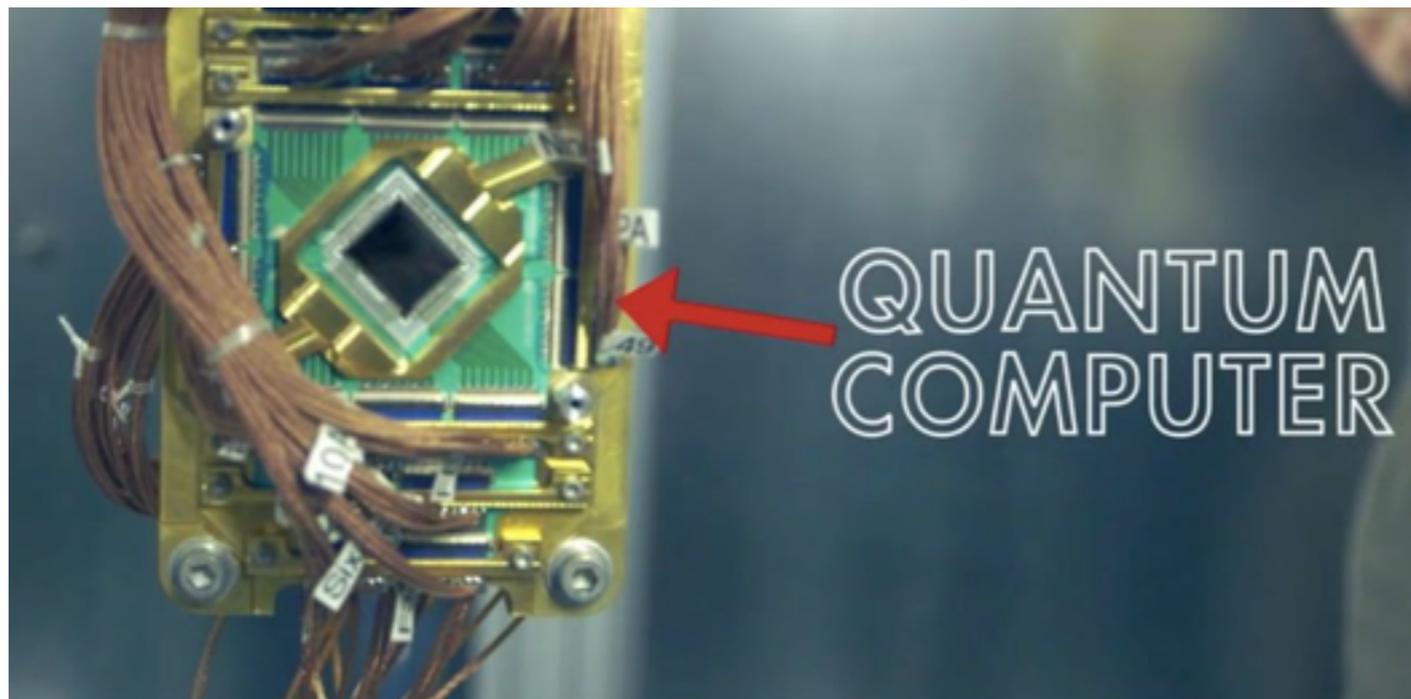
Quantum information



QUANTUM TOMOGRAPHY



QUANTUM TELEPORTATION



La teoria quantistica è una teoria dell'informazione

 Selected for a [Viewpoint](#) in *Physics*

PHYSICAL REVIEW A **84**, 012311 (2011)

Informational derivation of quantum theory

Giulio Chiribella*

Perimeter Institute for Theoretical Physics, 31 Caroline Street North, Ontario, Canada N2L 2Y5[†]

Giacomo Mauro D'Ariano[‡] and Paolo Perinotti[§]

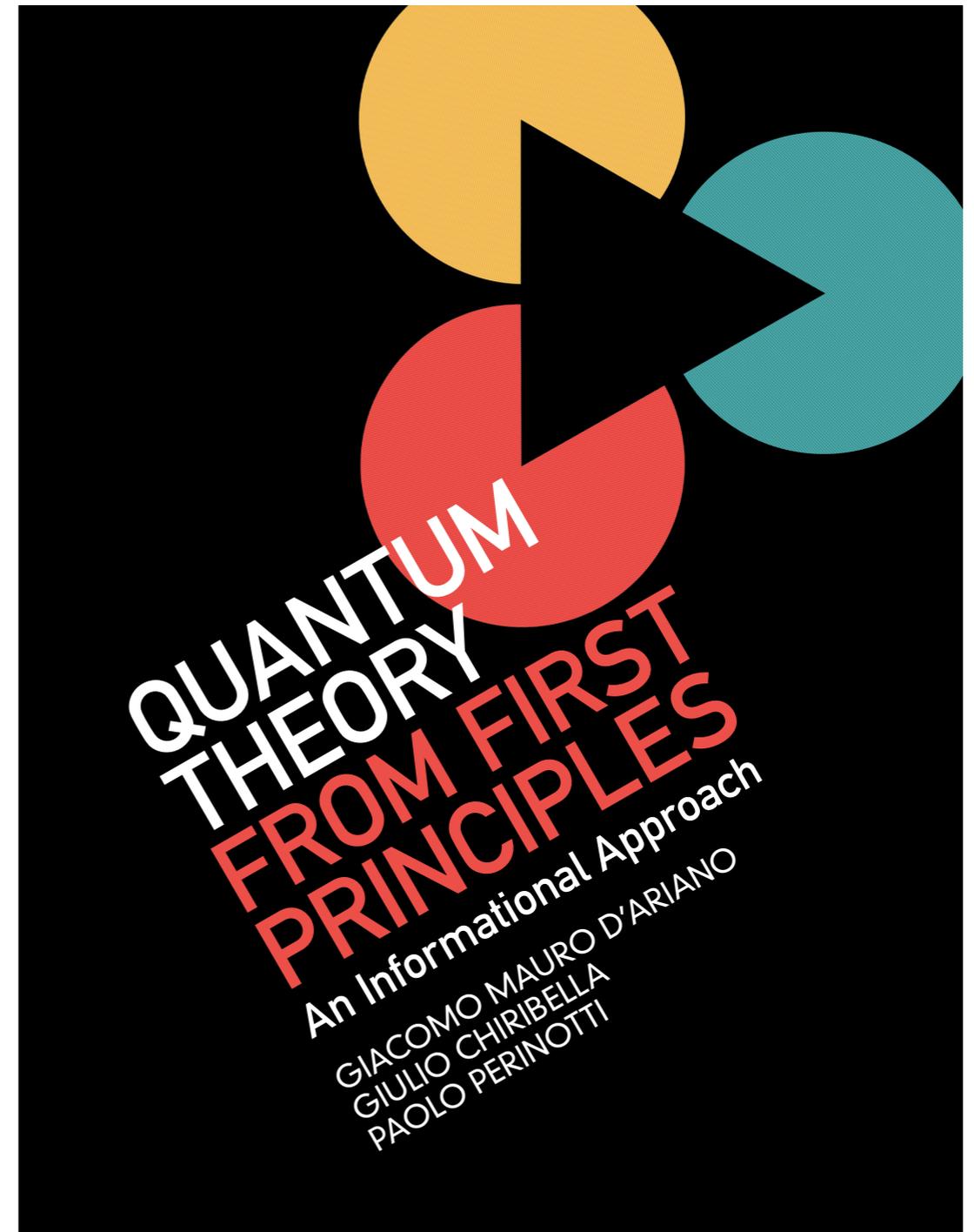
QUIT Group, Dipartimento di Fisica "A. Volta" and INFN Sezione di Pavia, via Bassi 6, I-27100 Pavia, Italy^{||}

(Received 29 November 2010; published 11 July 2011)

We derive quantum theory from purely informational principles. Five elementary axioms—causality, perfect distinguishability, ideal compression, local distinguishability, and pure conditioning—define a broad class of theories of information processing that can be regarded as standard. One postulate—purification—singles out quantum theory within this class.

DOI: [10.1103/PhysRevA.84.012311](https://doi.org/10.1103/PhysRevA.84.012311)

PACS number(s): 03.67.Ac, 03.65.Ta

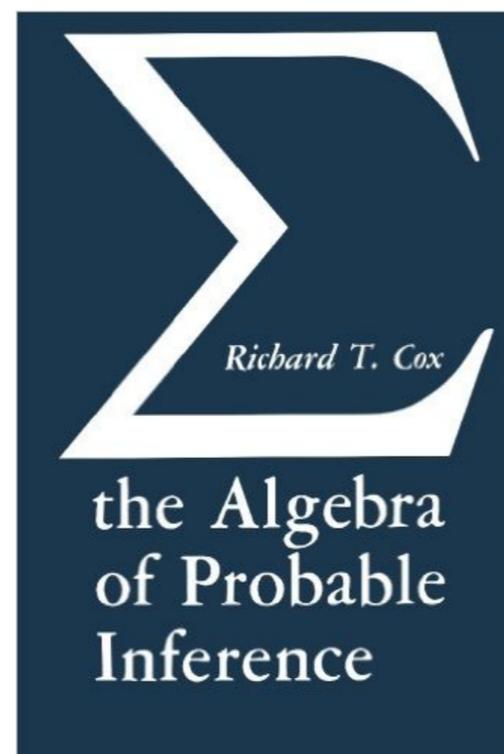
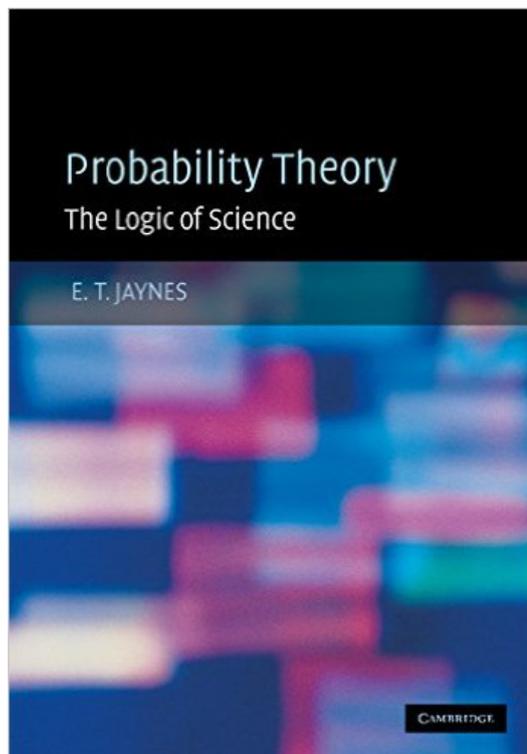


La teoria quantistica è una
teoria dell'informazione

Teoria operativa:

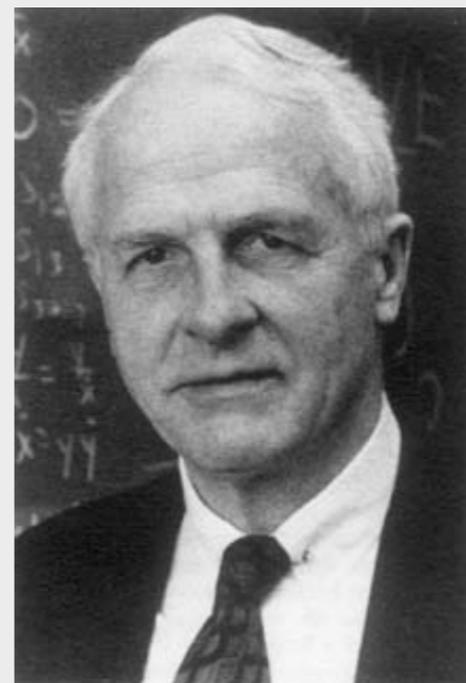
probabilità congiunte + connettività

Logica \subset Probabilità \subset OPT



La teoria quantistica è un
estensione della logica

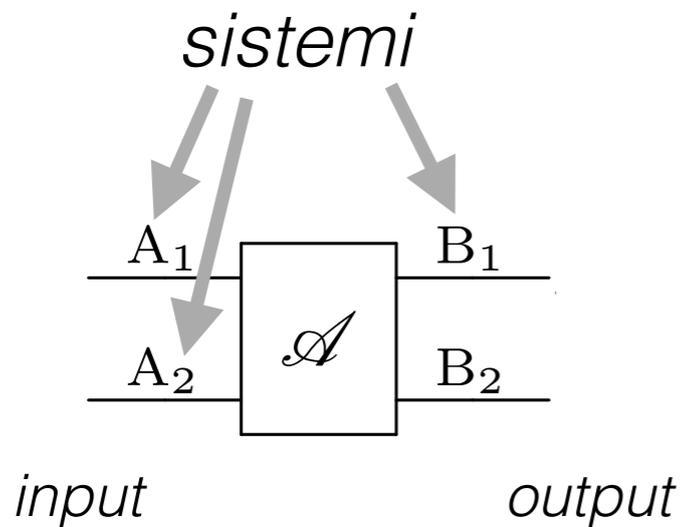
Non si tratta quindi di modificare
la logica, bensì di estenderla



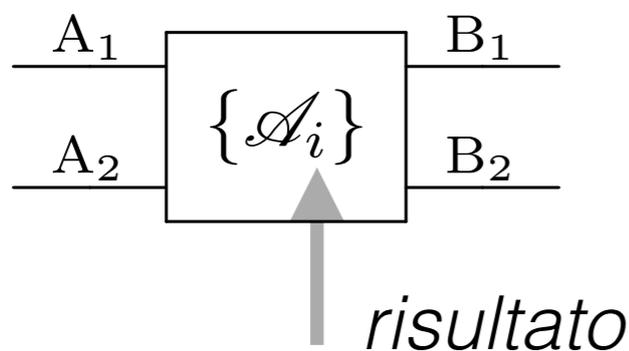
Principi per la teoria quantistica

La teoria operativa
 probabilità congiunte + connettività

Evento



Test



$$\rho_i \text{---} B \text{---} := \text{---} I \text{---} \mathcal{A}_i \text{---} B \text{---}$$

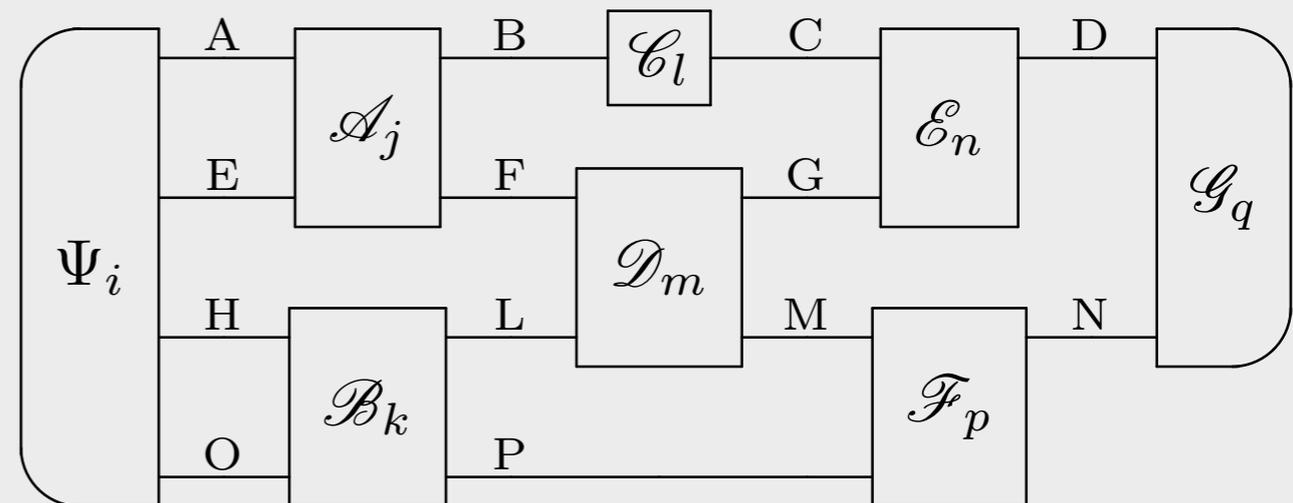
preparazione

$$\text{---} A \text{---} a_j \text{---} := \text{---} A \text{---} \mathcal{A}_j \text{---} I \text{---}$$

osservazione

le probabilità congiunte
 dipendono da un circuito

$$p(i, j, k, l, m, n, p, q | \text{circuit})$$



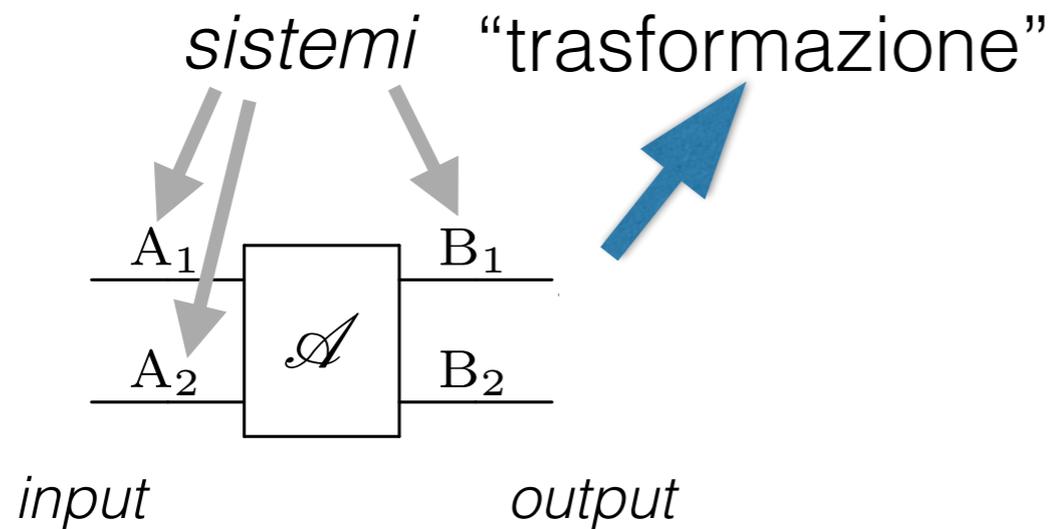
Principi per la teoria quantistica

La teoria operativa

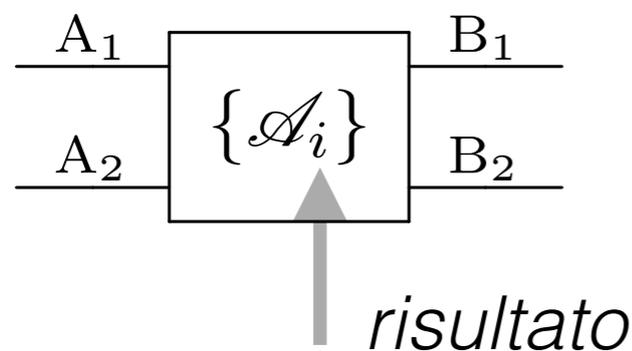
probabilità congiunte + connettività

classi di equivalenza probabilistiche

Evento



Test



$$\rho_i \text{---} B := \text{---} I \text{---} \mathcal{A}_i \text{---} B$$

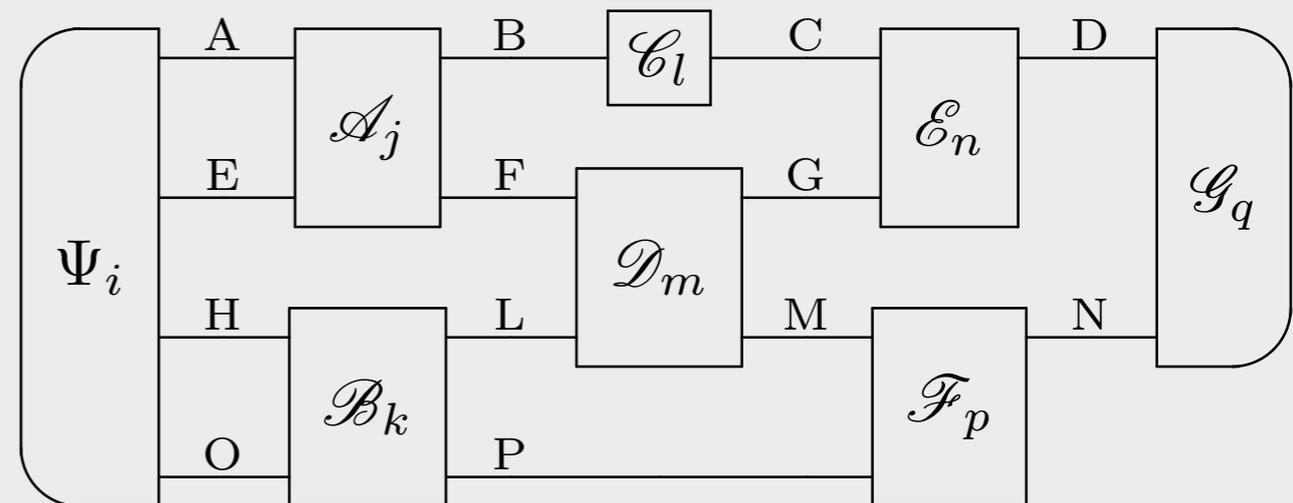
preparazione \rightarrow “stato”

$$\text{---} A \text{---} a_j := \text{---} A \text{---} \mathcal{A}_j \text{---} I$$

osservazione \rightarrow “effetto”

le probabilità congiunte dipendono da un circuito

$$p(i, j, k, l, m, n, p, q | \text{circuit})$$



Principi per la teoria quantistica

Causalità

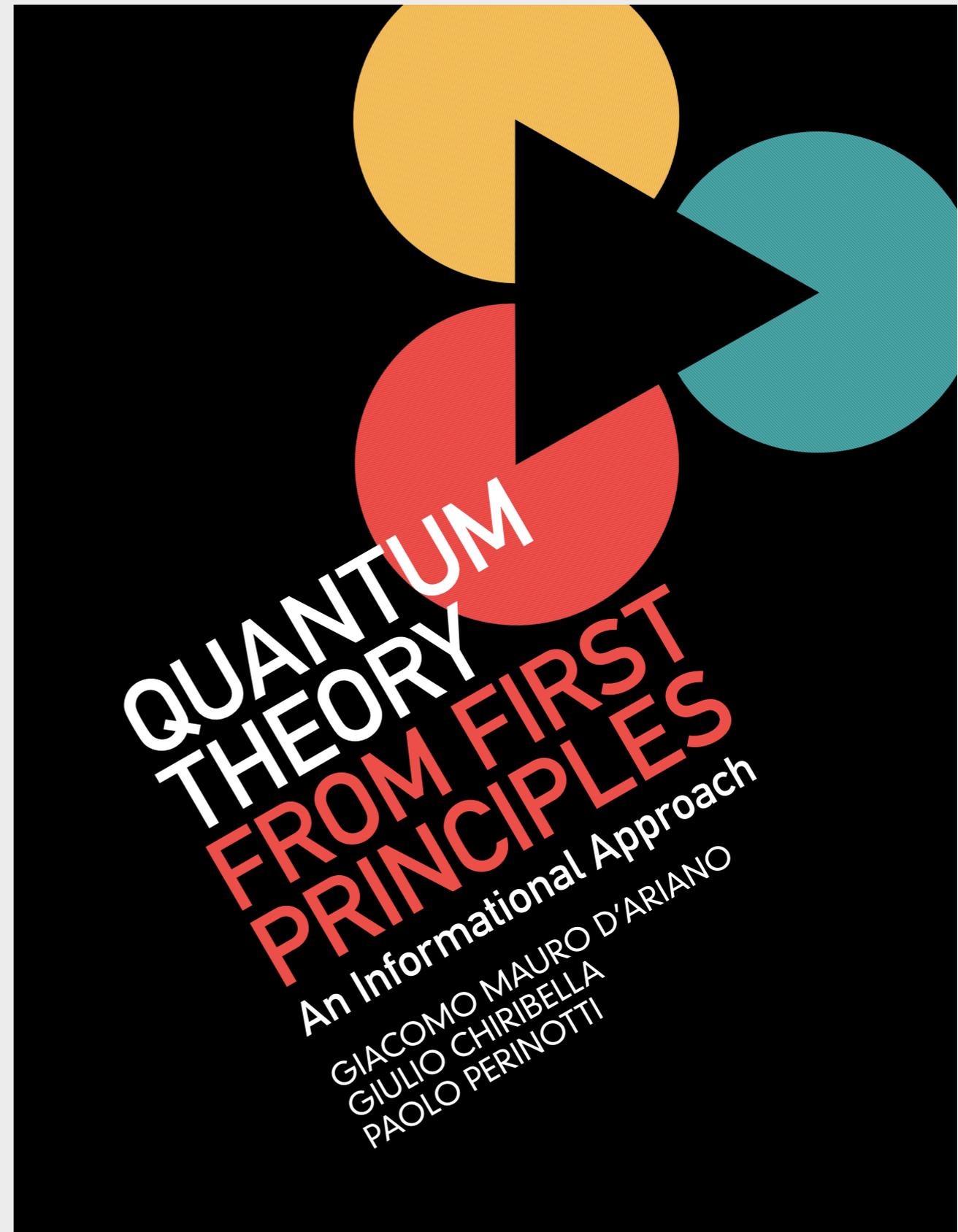
Discriminabilità perfetta

Discriminabilità locale

Atomicità della composizione

Compressione ideale

Purificazione



Principi per la teoria quantistica

Causalità

Discriminabilità perfetta

Discriminabilità locale

Atomicità della composizione

Compressione ideale

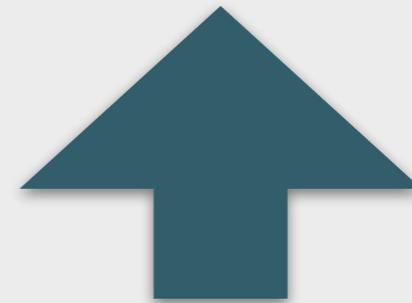
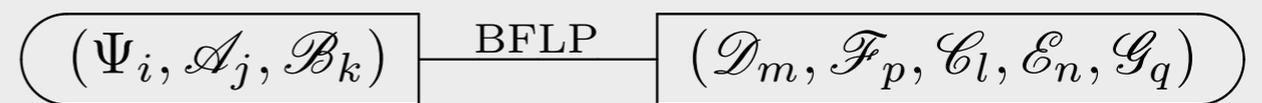
Purificazione

La probabilità delle preparazioni è indipendente dalla scelta dell'osservazione

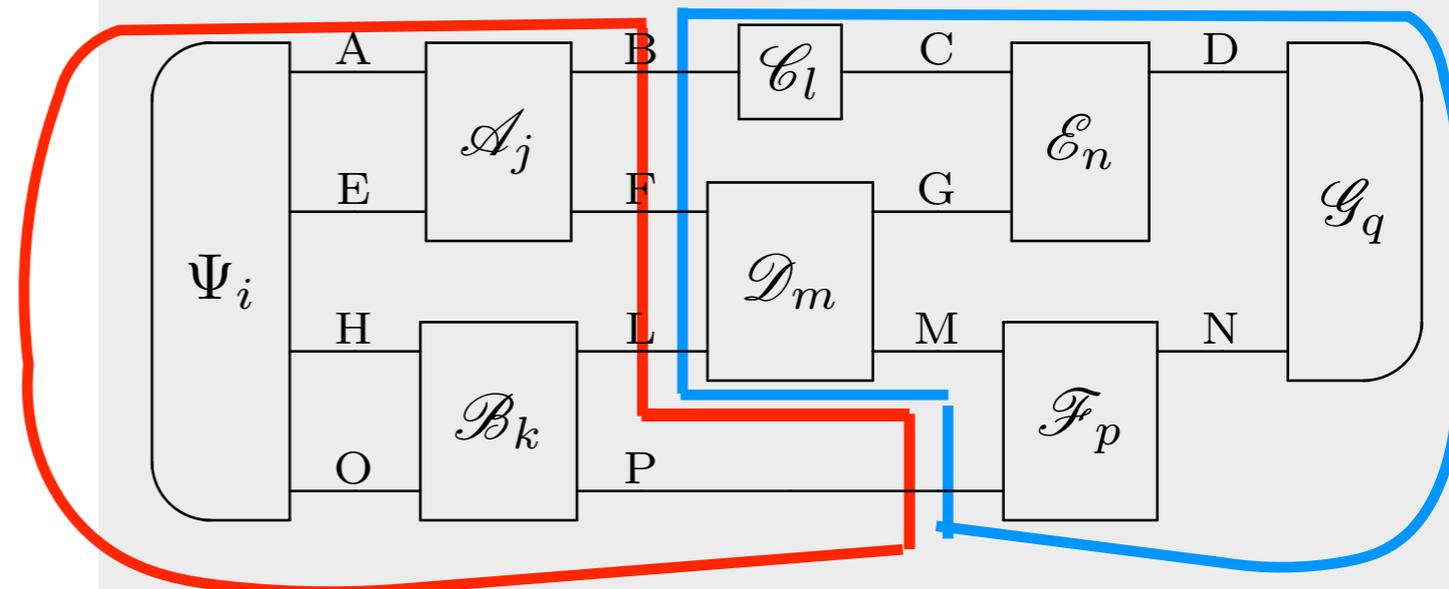
Marginal probability

$$\sum_{i,k,\dots} p(i, j, k, \dots | \text{circuit}) =$$

$$p(j | \text{circuit})$$



$$p(i, j, k, l, m, n, p, q | \text{circuit})$$



How the Hippies Saved Physics



SCIENCE, COUNTERCULTURE, AND THE QUANTUM REVIVAL

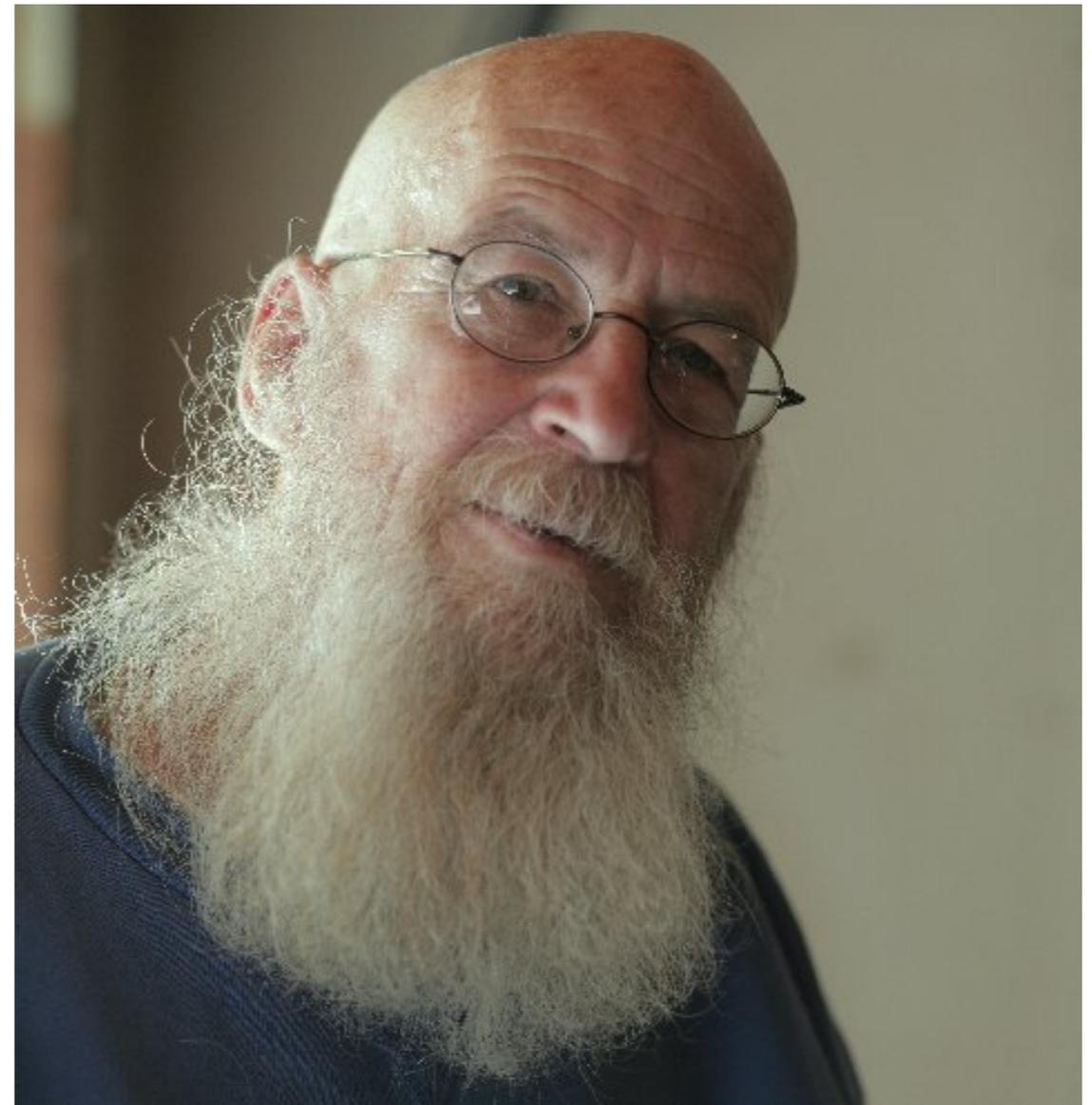
DAVID KAISER

FLASH¹—A Superluminal Communicator Based Upon a New Kind of Quantum Measurement

Nick Herbert²

Received January 15, 1982

The FLASH communicator consists of an apparatus which can distinguish between plane unpolarized (PUP) and circularly unpolarized (CUP) light plus a simple EPR arrangement. FLASH exploits the peculiar properties of "measurements of the Third Kind." One purpose of this article is to focus attention on the operation of idealized laser gain tubes at the one-photon limit.

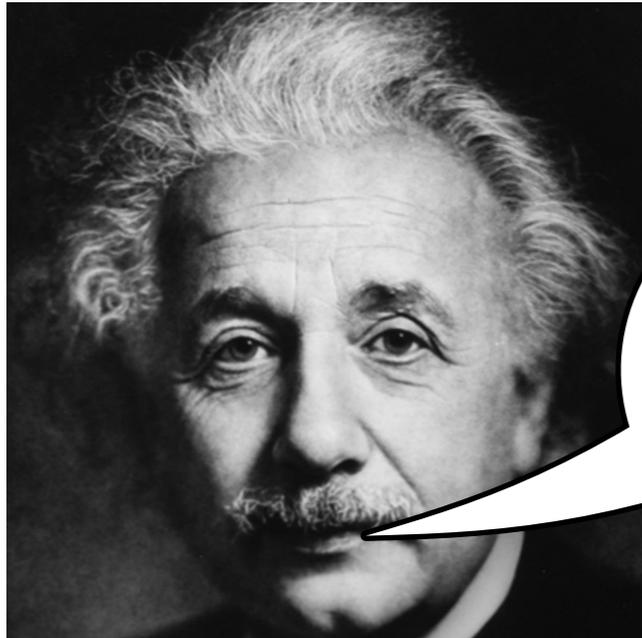


FLASH¹—A Superluminal Communicator Based Upon a New Kind of Quantum Measurement

Nick Herbert²

Received January 15, 1982

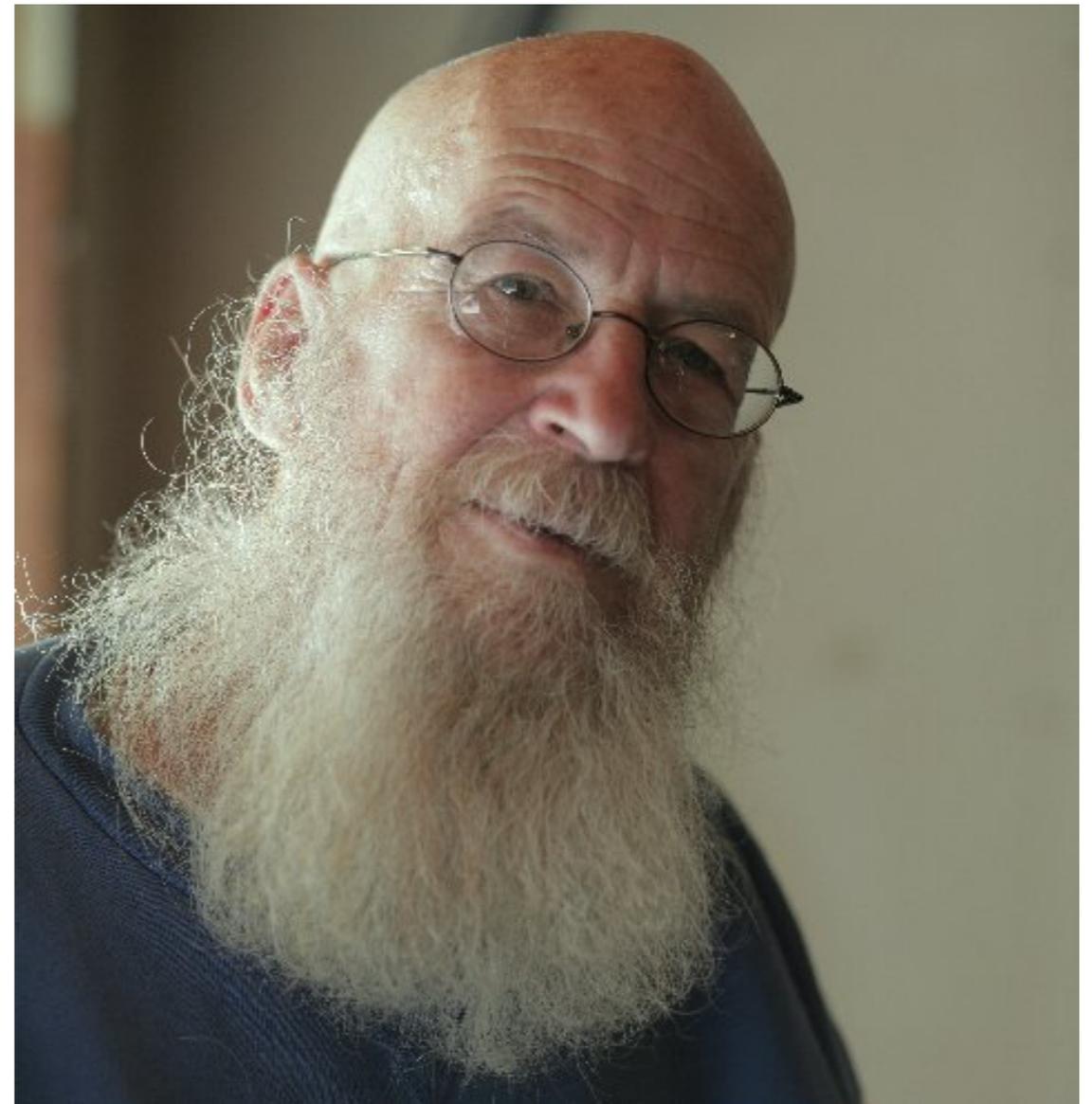
The FLASH communicator consists of an apparatus which can distinguish between plane unpolarized (PUP) and circularly unpolarized (CUP) light plus a simple EPR arrangement. FLASH exploits the peculiar properties of "measurements of the Third Kind." One purpose of this article is to focus attention on the operation of idealized laser gain tubes at the one-photon limit.



SPOOKY
ACTION AT
DISTANCE!



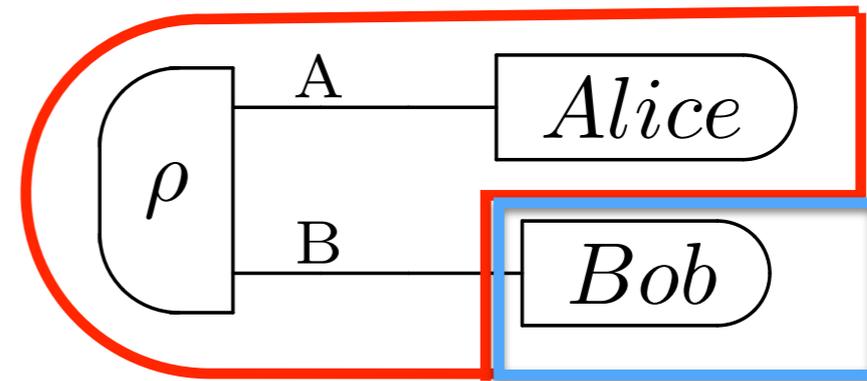
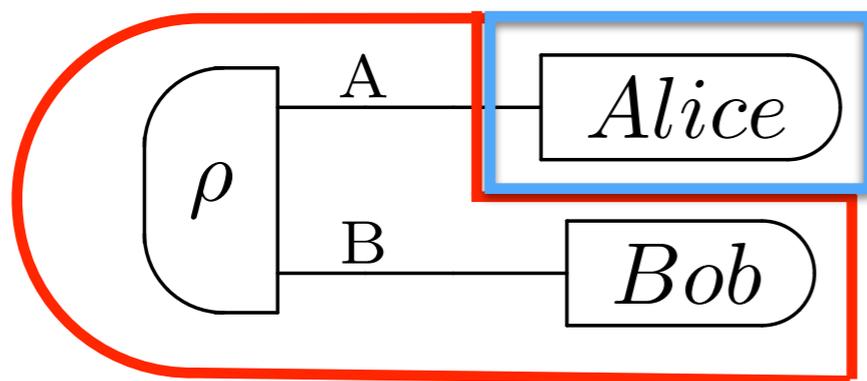
PEACEFUL COEXISTENCE
BETWEEN QUANTUM
MECHANICS AND RELATIVITY



La probabilità delle preparazioni è indipendente dalla scelta delle osservazioni



impossibilità di comunicare senza interazione



Principi per la teoria quantistica

Causalità

Discriminabilità perfetta

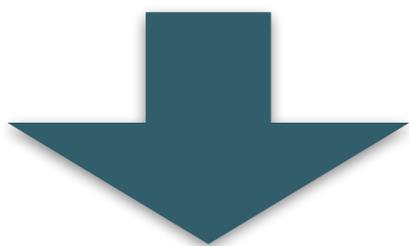
Discriminabilità locale

Atomicità della composizione

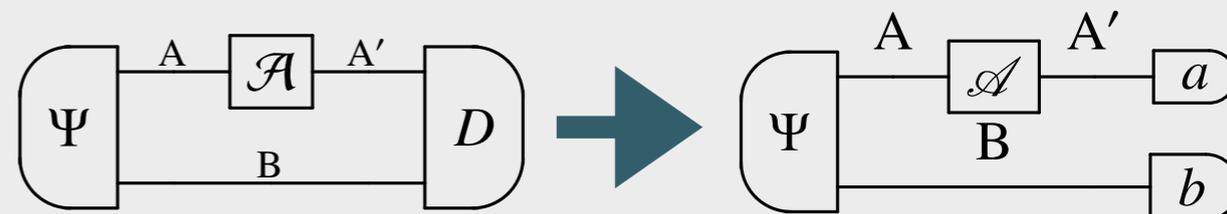
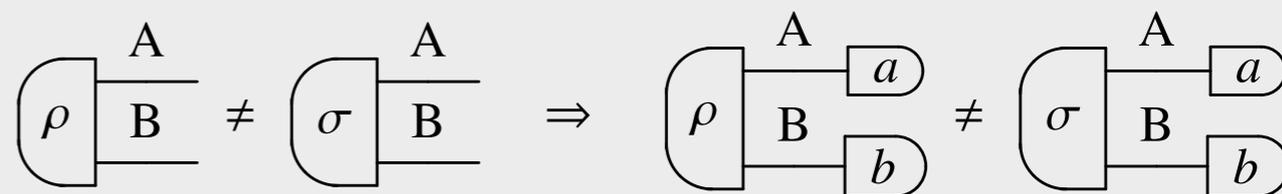
Compressione ideale

Purificazione

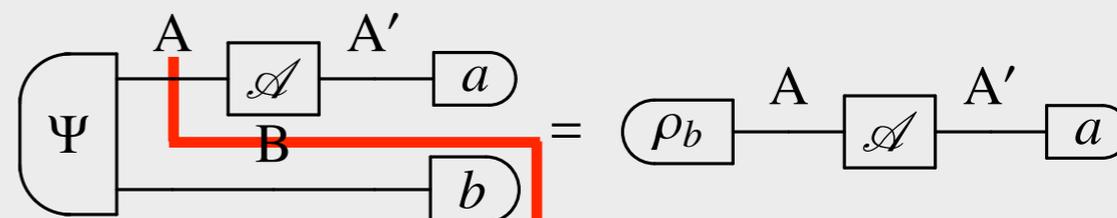
È possibile discriminare una qualunque coppia di stati di un sistema composto utilizzando solo osservazioni locali



Origine del prodotto tensore sui complessi



Caratterizzazione locale delle trasformazioni



Principi per la teoria quantistica

Causalità

Discriminabilità perfetta

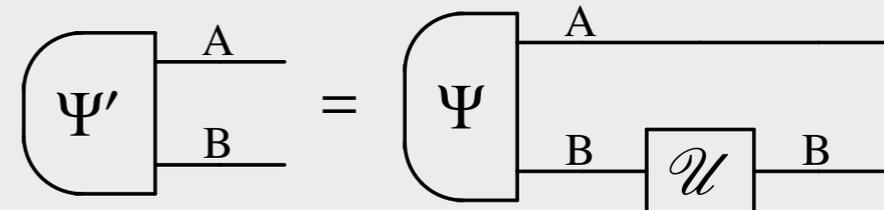
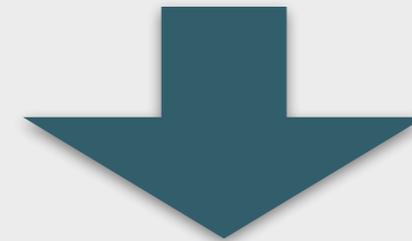
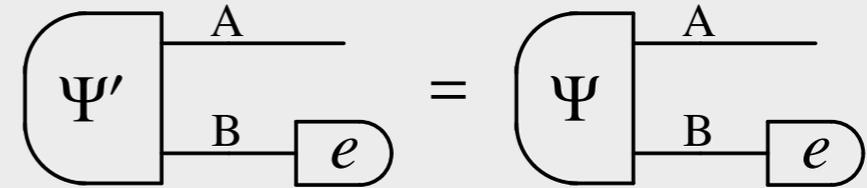
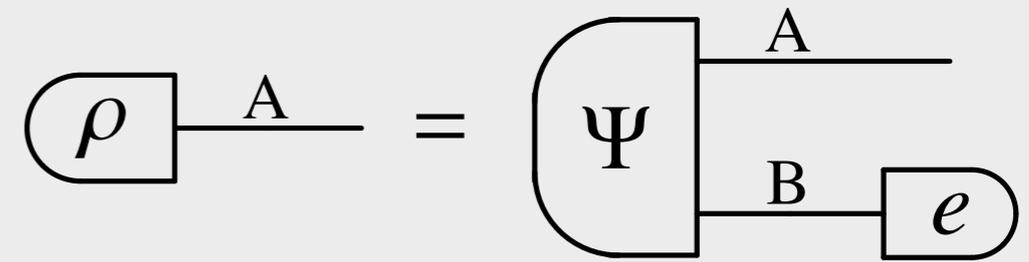
Discriminabilità locale

Atomicità della composizione

Compressione ideale

Purificazione

Ogni stato ha una purificazione. Per sistema di purificazione fissato due purificazioni dello stesso stato sono connesse da una trasformazione reversibile sul sistema purificante.



Principi per la teoria quantistica

Causalità

Discriminabilità perfetta

Discriminabilità locale

Atomicità della composizione

Compressione ideale

Purificazione

Ogni stato ha una purificazione. Per sistema di purificazione fissato due purificazioni dello stesso stato sono connesse da una trasformazione reversibile sul sistema purificante.

Conseguenze

1. **Esistenza di stati entangled:**

la purificazione di uno stato misto è entangled;
il marginale di uno stato puro entangled è misto;

2. *Due stati puri normalizzati di uno stesso sistema sono connessi da una trasformazione reversibile*

$$\boxed{\psi'} \text{---} B = \boxed{\psi} \text{---} B \text{---} \mathcal{U} \text{---} B$$

3. **Steering:** Ψ purificazione di ρ . per ogni ensemble decomposition $\rho = \sum_x p_x \alpha_x$ esiste una misurazione $\{b_x\}$, tale che

$$\boxed{\Psi} \begin{matrix} A \\ B \end{matrix} \text{---} b_x = p_x \boxed{\alpha_x} \text{---} A \quad \forall x \in X$$

4. **Process tomography (stato puro fedele)**

$$\boxed{\Psi} \begin{matrix} A \\ B \end{matrix} \text{---} \mathcal{A} \text{---} A' = \boxed{\Psi} \begin{matrix} A \\ B \end{matrix} \text{---} \mathcal{A}' \text{---} A' \quad \rightarrow \quad \mathcal{A} \rho = \mathcal{A}' \rho \quad \forall \rho$$

5. **No information without disturbance**

Principi per la teoria quantistica

Causalità

Discriminabilità perfetta

Discriminabilità locale

Atomicità della composizione

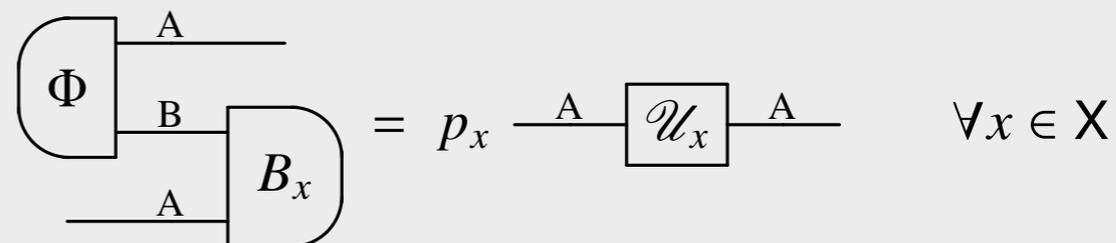
Compressione ideale

Purificazione

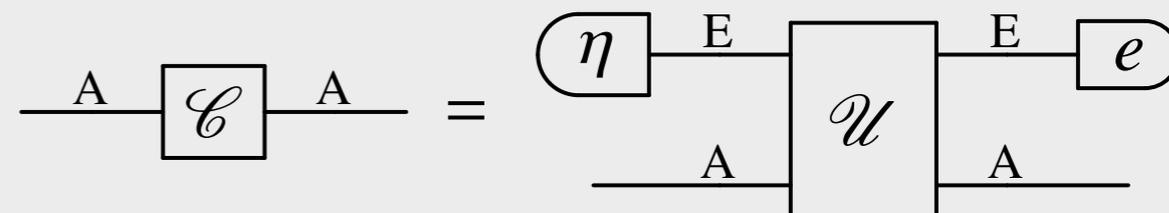
Ogni stato ha una purificazione. Per sistema di purificazione fissato due purificazioni dello stesso stato sono connesse da una trasformazione reversibile sul sistema purificante.

Conseguenze

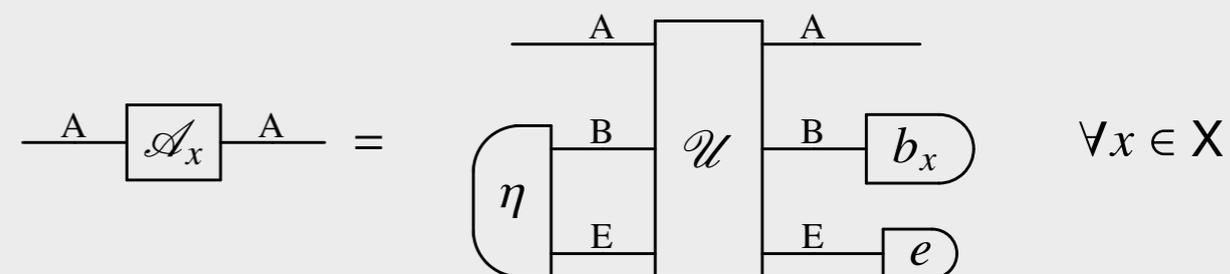
6. Teletrasporto



7. Dilatazioni reversibili di canali



8. Dilatazioni reversibili di "strumenti"



9. Isomorfismo Stati-trasformazioni

10. Le trasformazioni reversibili fanno un gruppo di Lie compatto

Grazie per l'attenzione