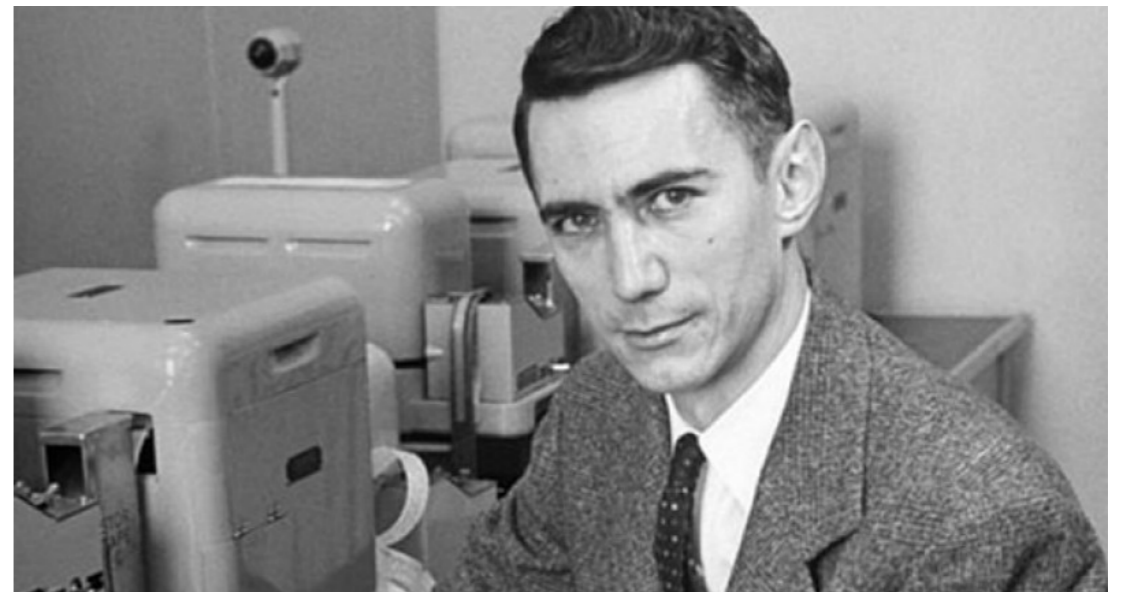


# Informazione e quanti

---

Giacomo Mauro D'Ariano  
Università degli Studi di Pavia

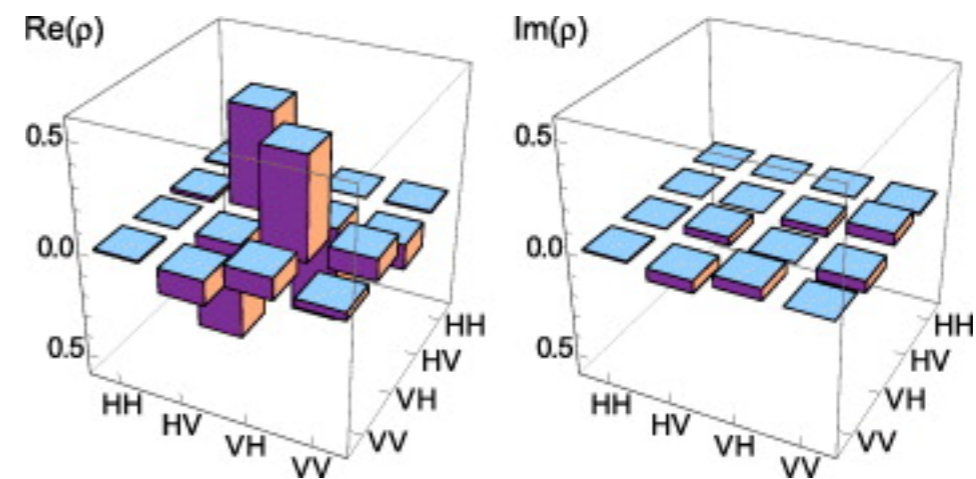
*Cento anni dalla nascita di Claude E. Shannon  
ovvero  
la teoria dell'informazione oggi e domani*



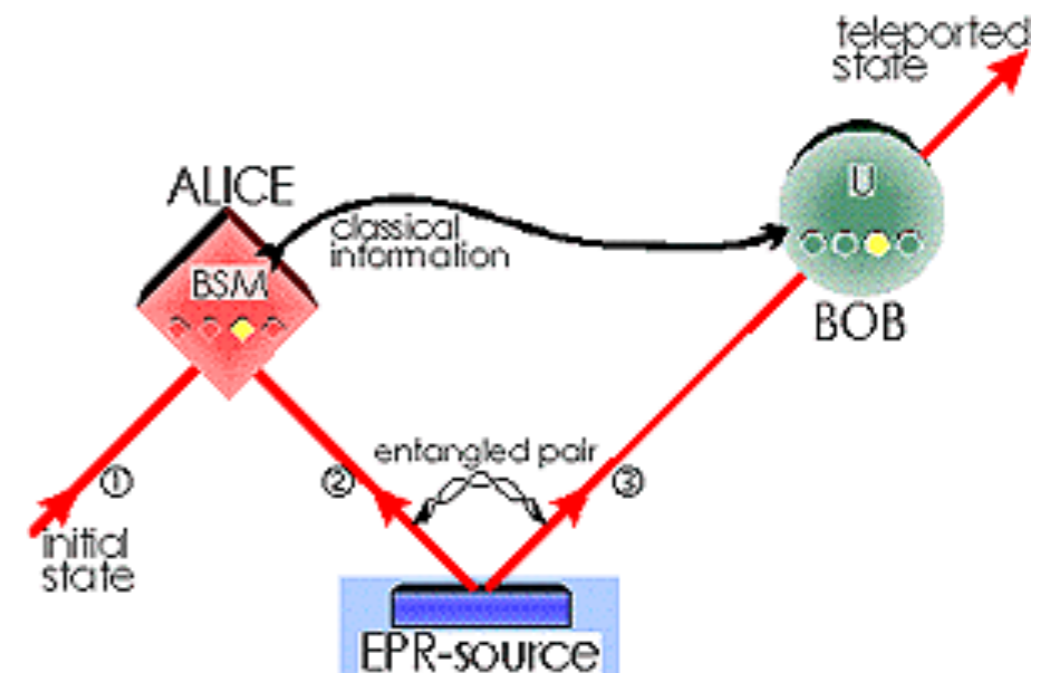
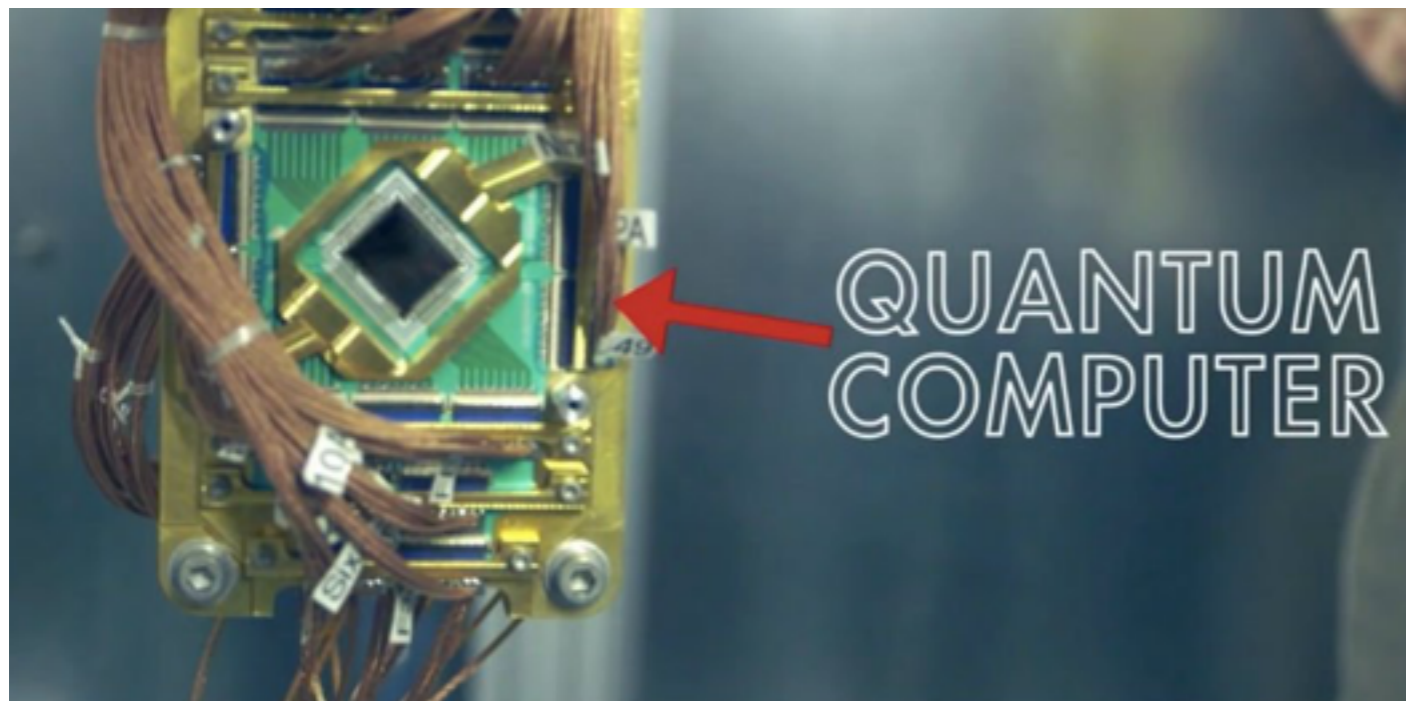
# Quantum information



## 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<sup>†</sup>*

Giacomo Mauro D'Ariano<sup>‡</sup> and Paolo Perinotti<sup>§</sup>

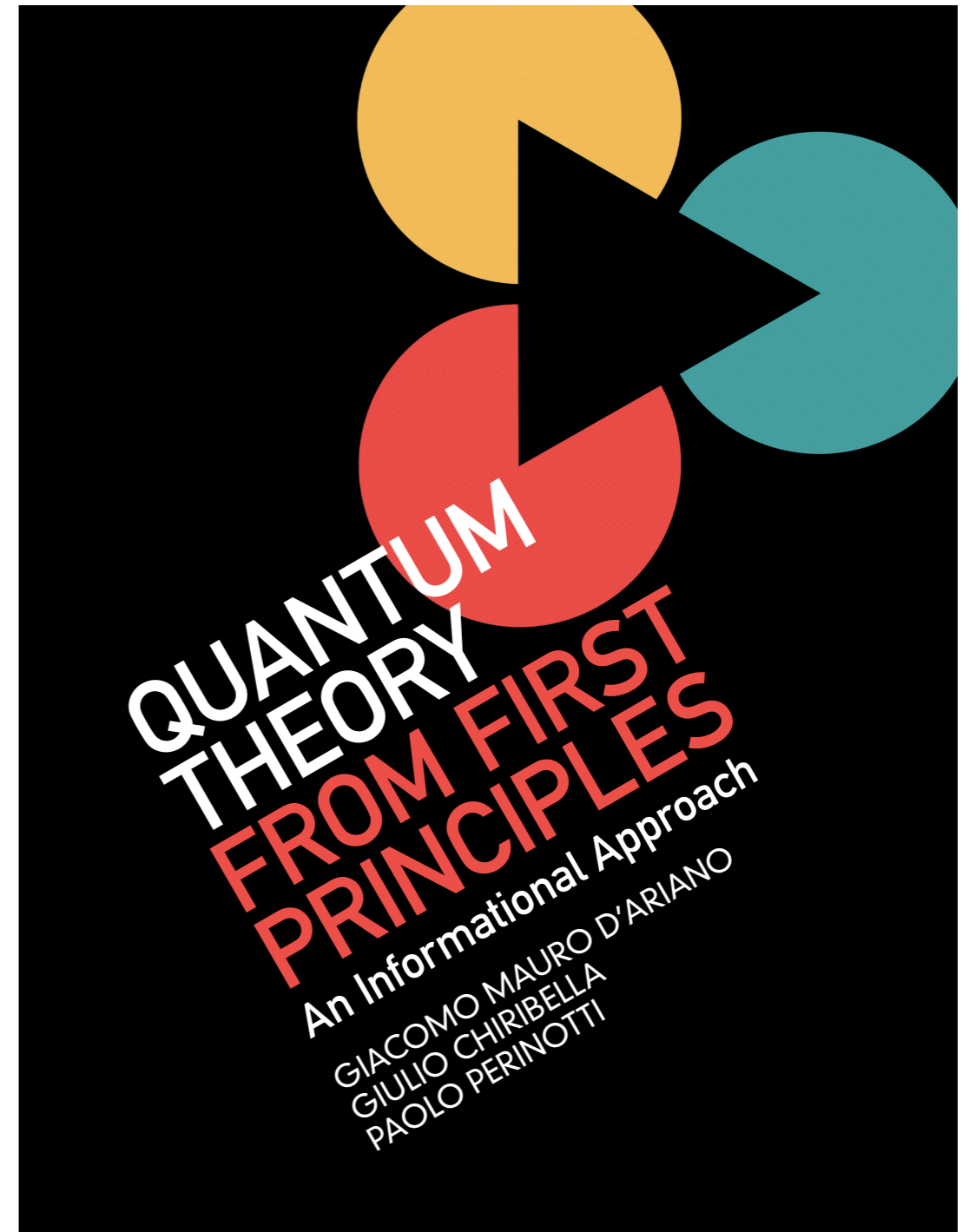
*QUIT Group, Dipartimento di Fisica "A. Volta" and INFN Sezione di Pavia, via Bassi 6, I-27100 Pavia, Italy<sup>||</sup>*

(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



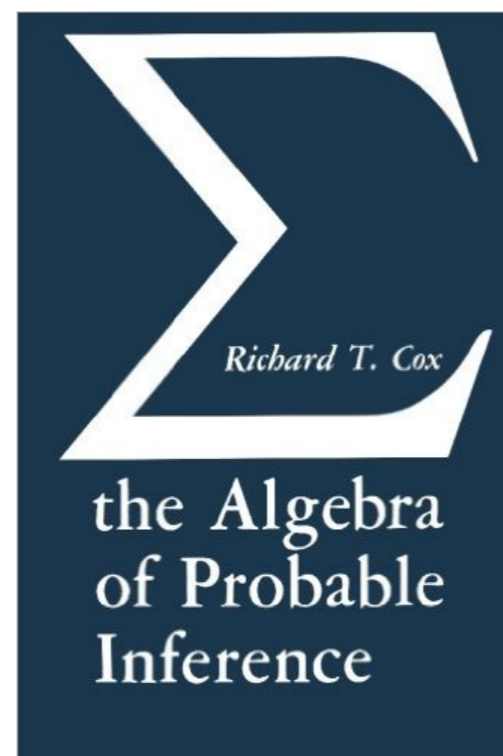
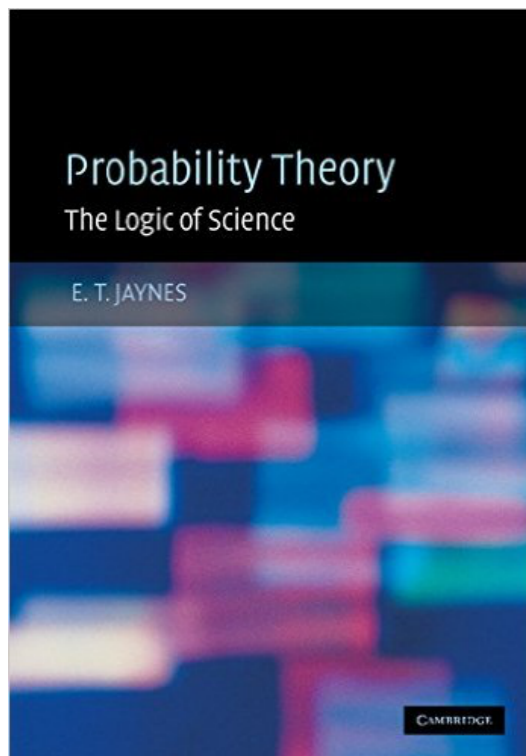
La teoria quantistica è una  
teoria dell'informazione

---

*Teoria operativa:*

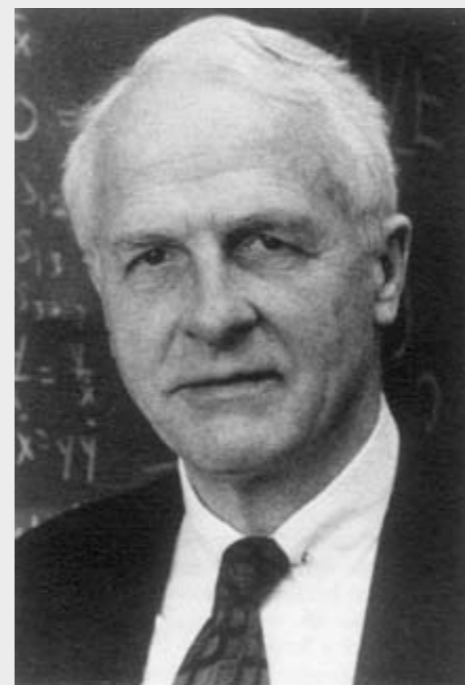
probabilità congiunte + connettività

Logica  $\subset$  Probabilità  $\subset$  OPT



La teoria quantistica è un  
estensione della logica

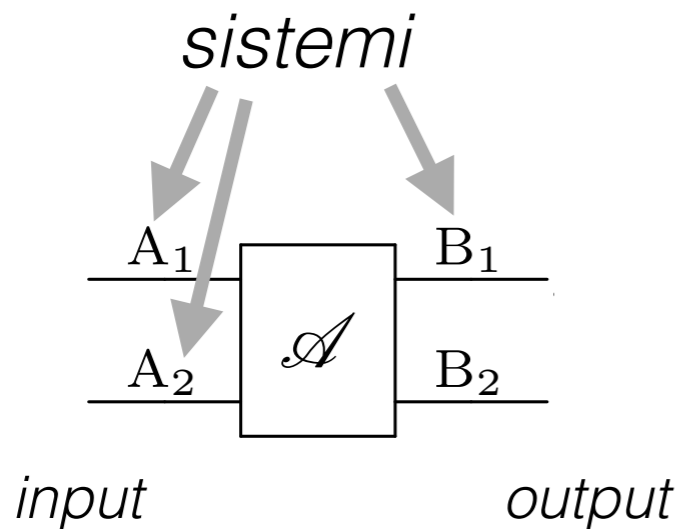
Non si tratta quindi di modificare  
la logica, bensì di estenderla



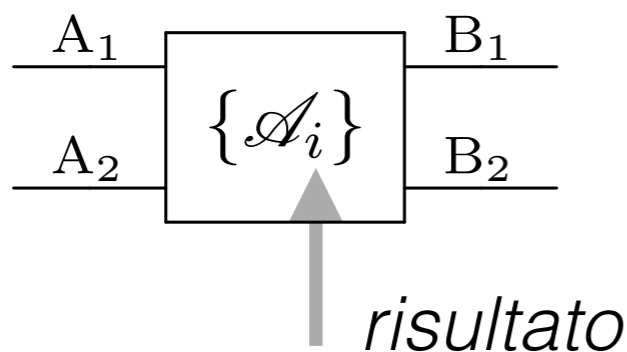
# Principi per la teoria quantistica

La teoria operativa  
 probabilità congiunte + connettività

Evento



Test



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

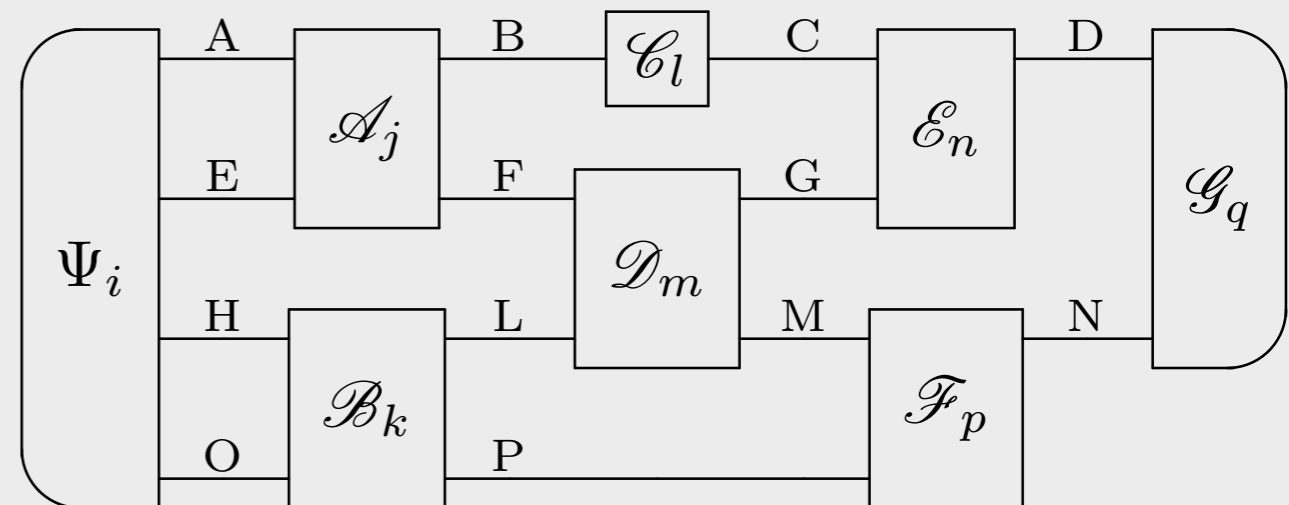
preparazione

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

osservazione

le probabilità congiunte  
 dipendono da un circuito

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



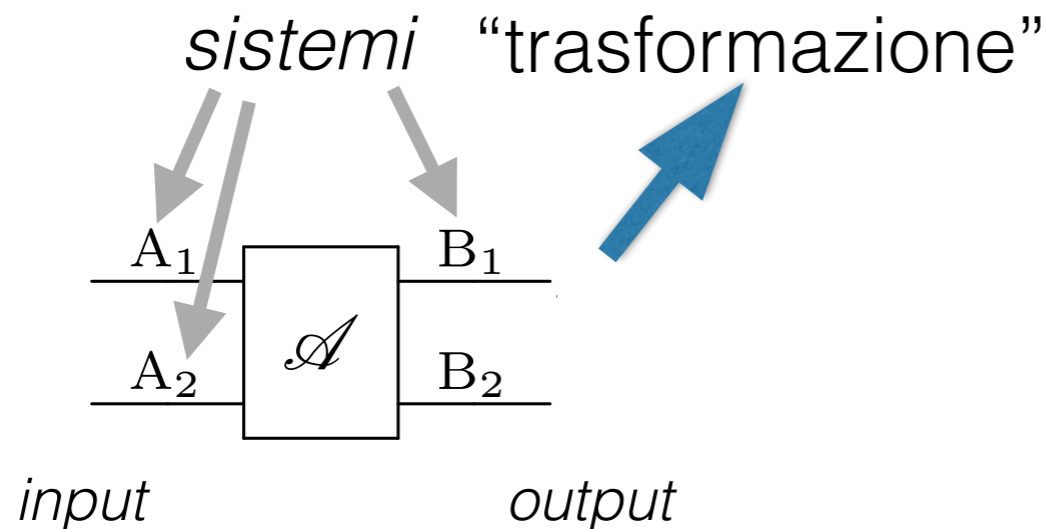
# Principi per la teoria quantistica

La teoria operativa

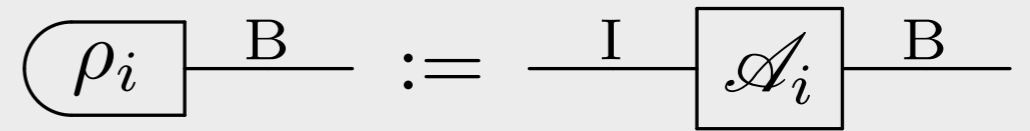
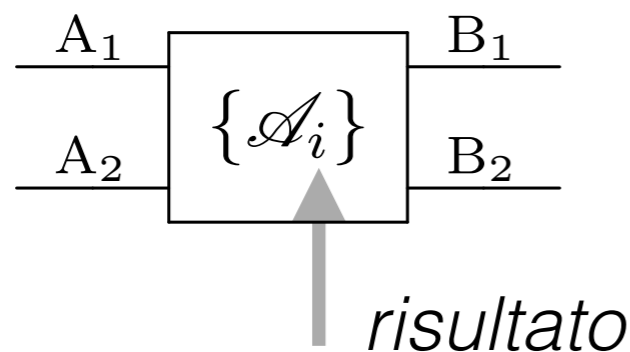
probabilità congiunte + connettività

*classi di equivalenza probabilistiche*

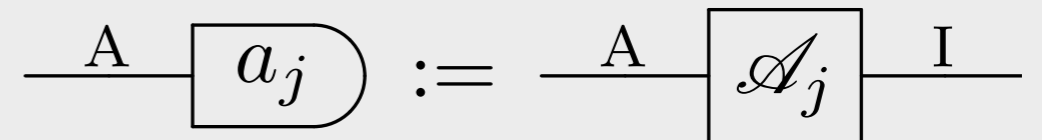
Evento



Test



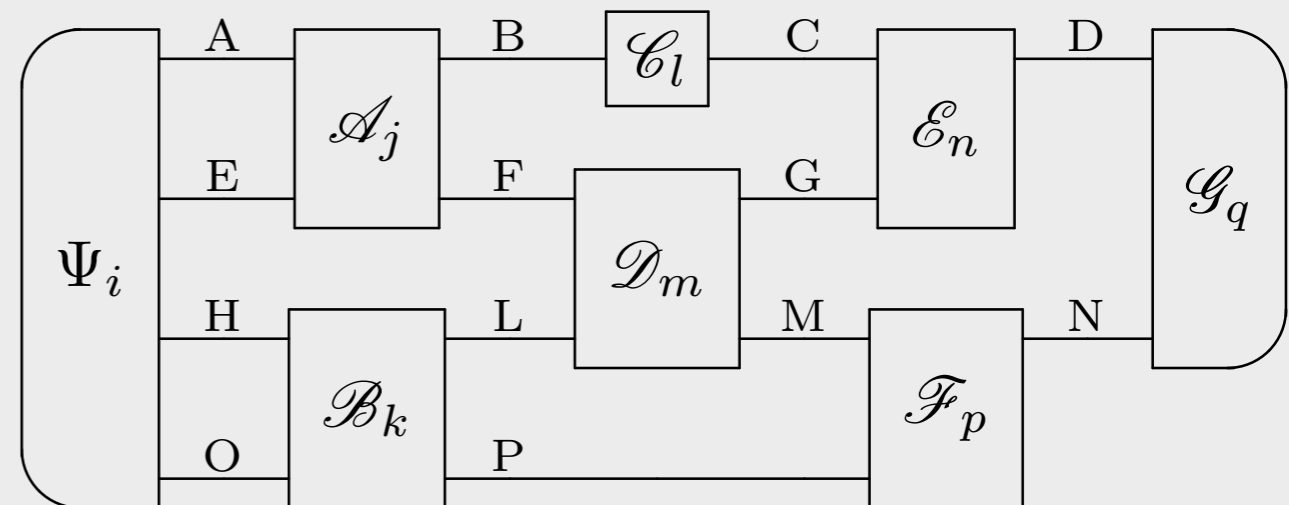
preparazione → “stato”



osservazione → “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

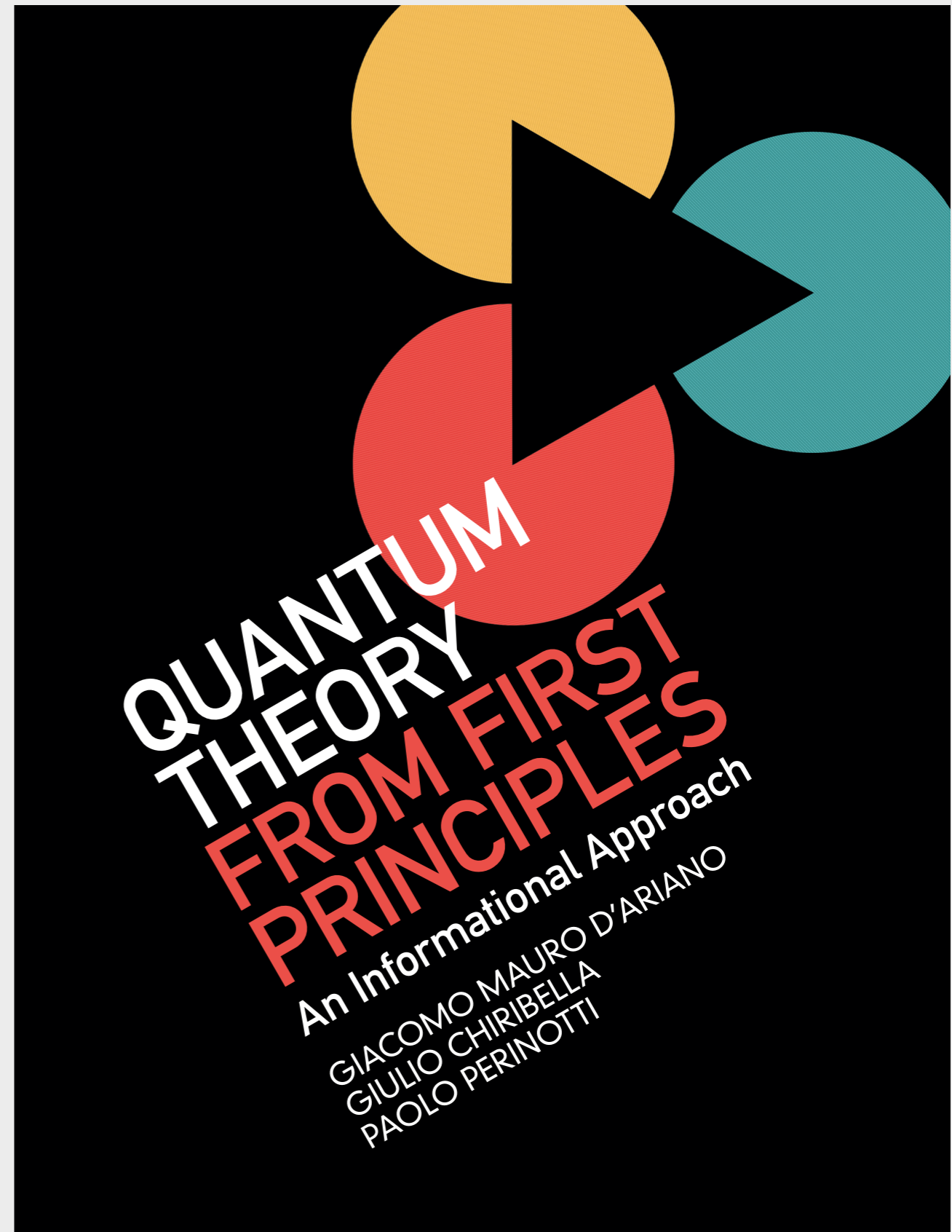
Discriminabilità perfetta

Discriminabilità locale

Atomicità della composizione

Compressione ideale

Purificazione



# Principi per la teoria quantistica

## Causalità

Discriminabilità perfetta

Discriminabilità locale

Atomicità della composizione

Compressione ideale

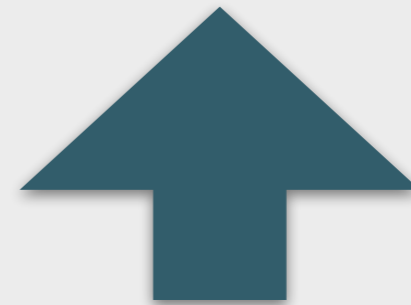
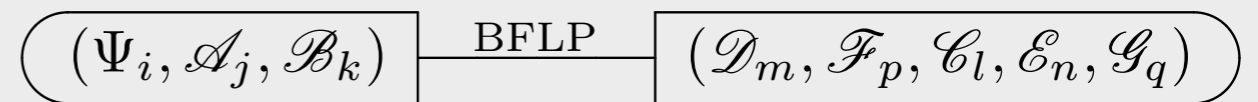
Purificazione

La probabilità delle preparazioni è indipendente dalla scelta dell'osservazione

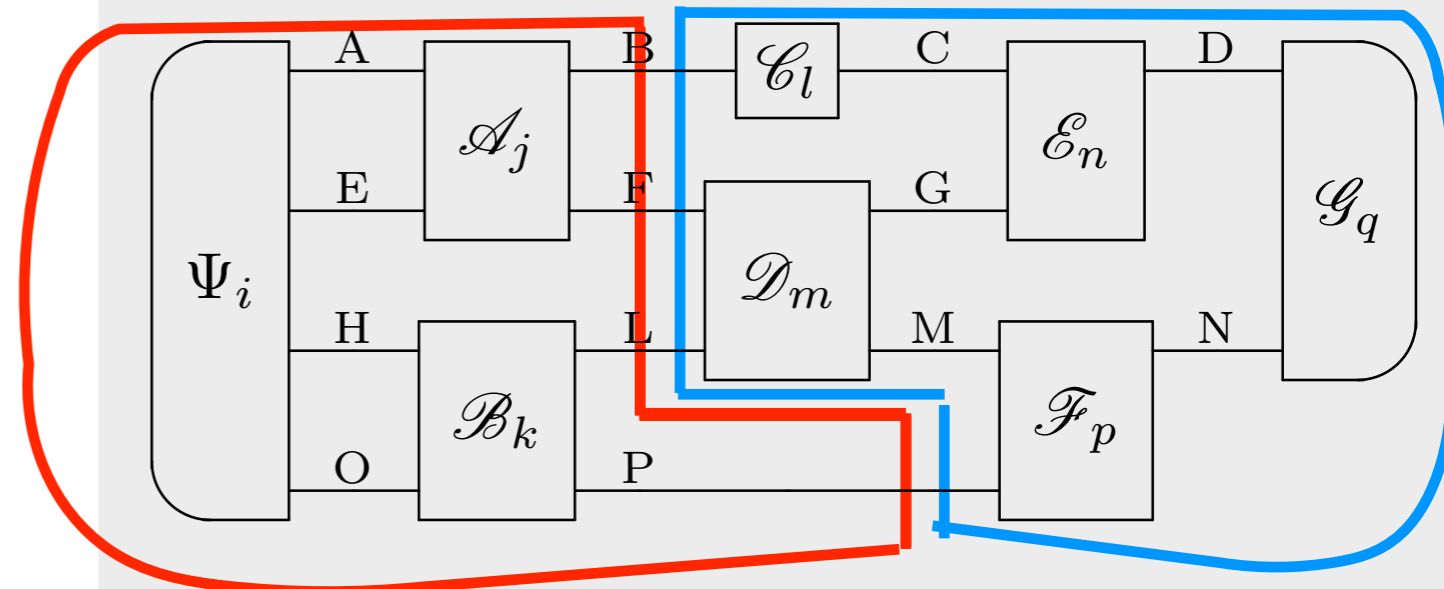
Marginal probability

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

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



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





# How the Hippies Saved Physics



SCIENCE, COUNTERCULTURE, AND THE QUANTUM REVIVAL

DAVID KAISER

## FLASH<sup>1</sup>—A Superluminal Communicator Based Upon a New Kind of Quantum Measurement

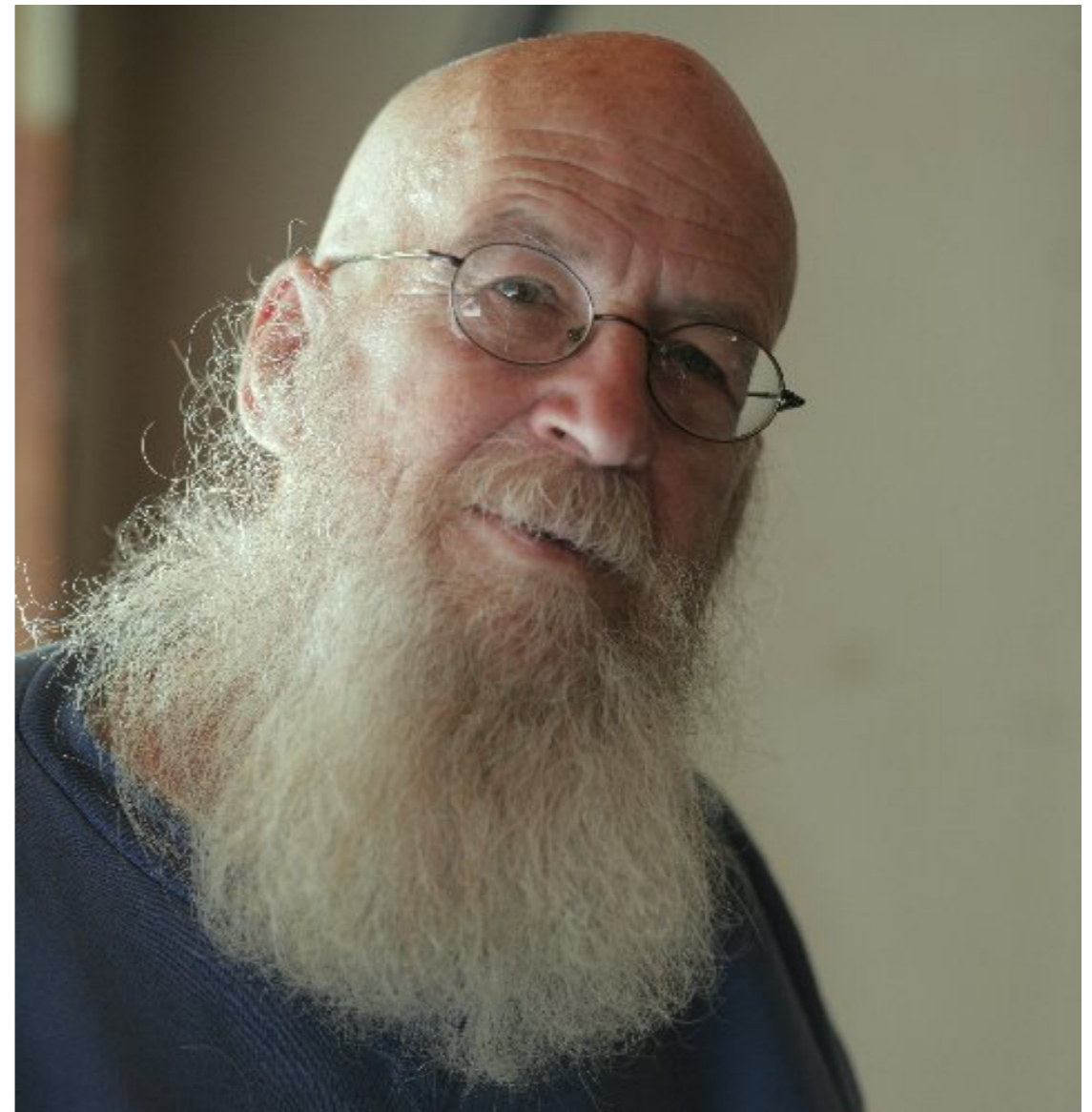
Nick Herbert<sup>2</sup>

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.*

---



# FLASH<sup>1</sup>—A Superluminal Communicator Based Upon a New Kind of Quantum Measurement

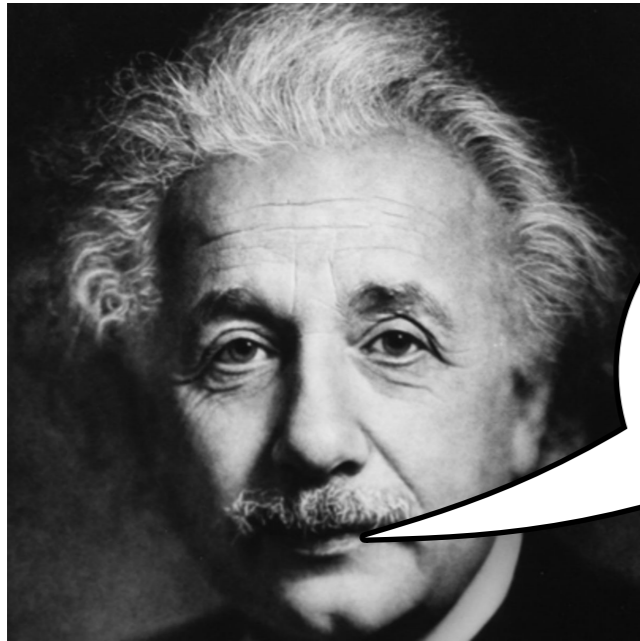
Nick Herbert<sup>2</sup>

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.*

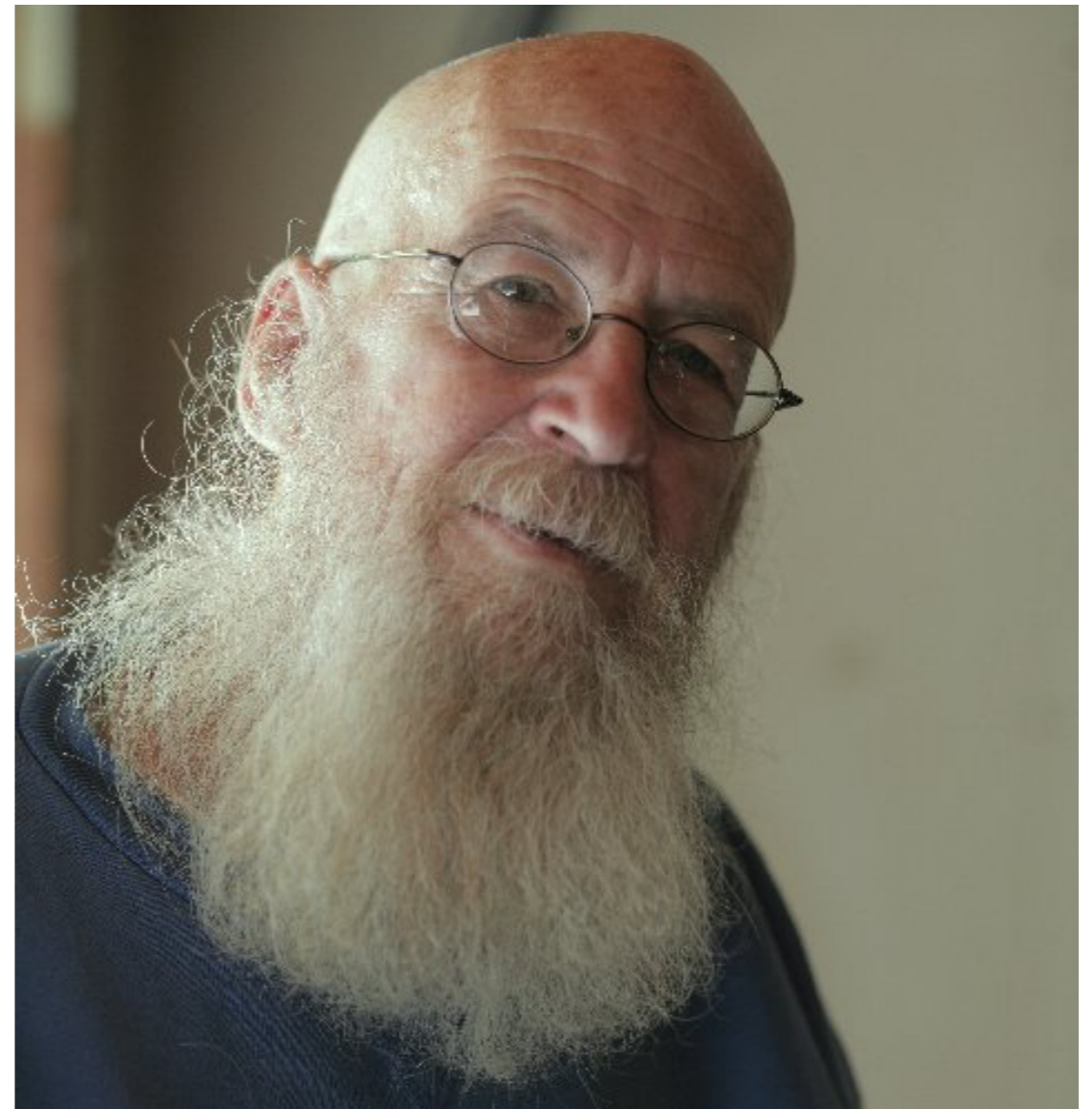
---



SPOOKY  
ACTION AT  
DISTANCE!



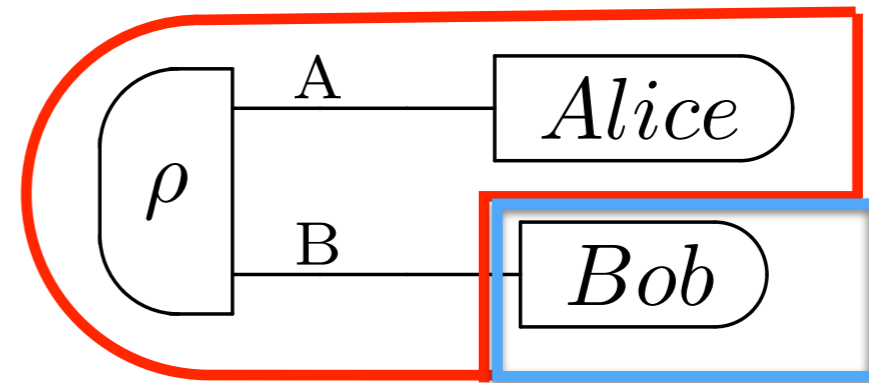
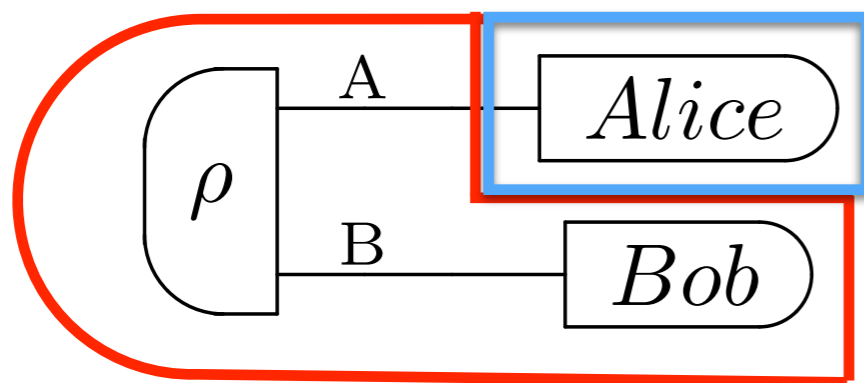
PEACEFUL COEXISTENCE  
BETWEEN QUANTUM  
MECHANICS AND RELATIVITY



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

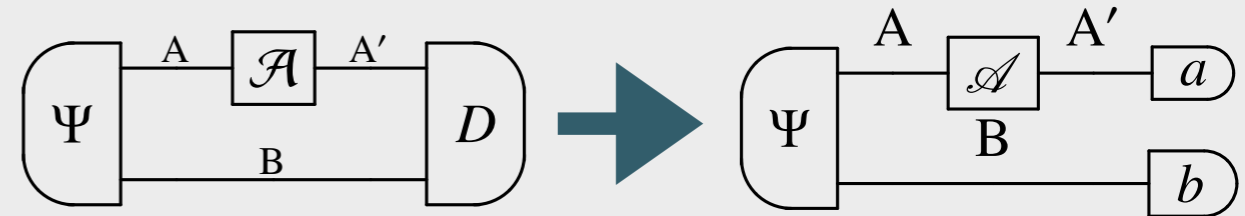
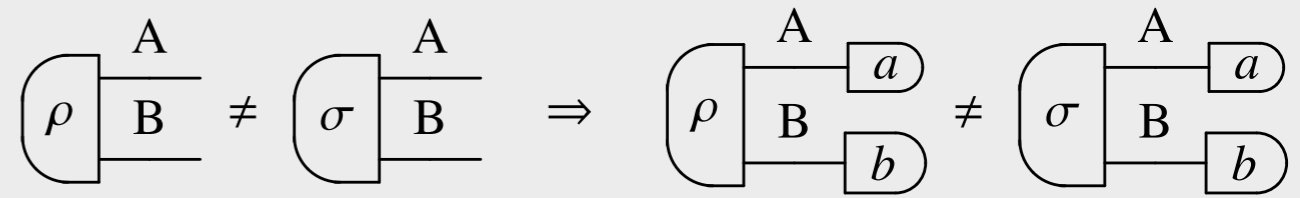
Compressione ideale

Purificazione

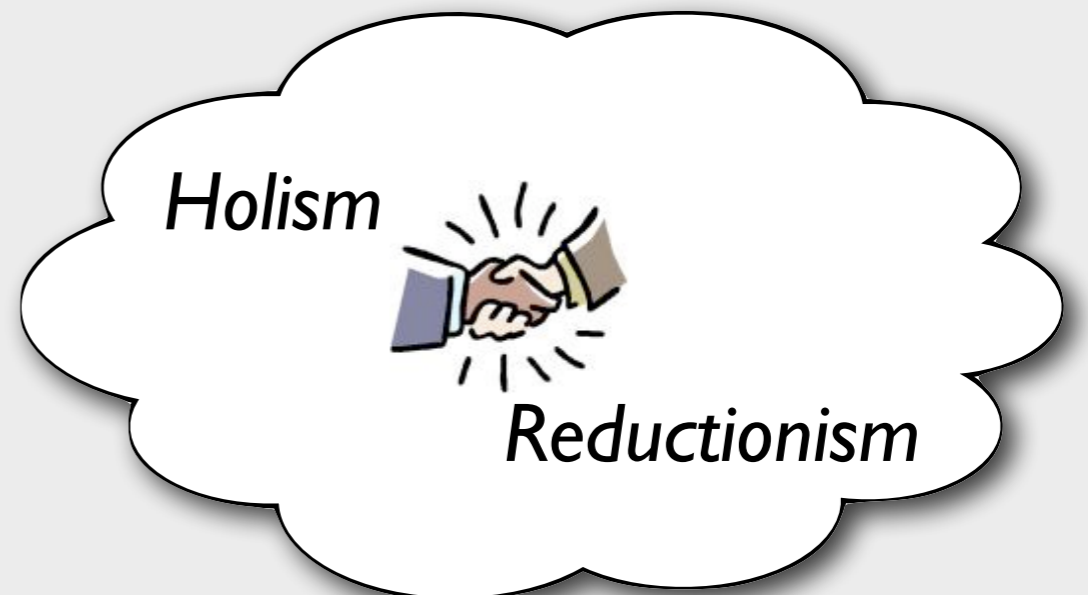
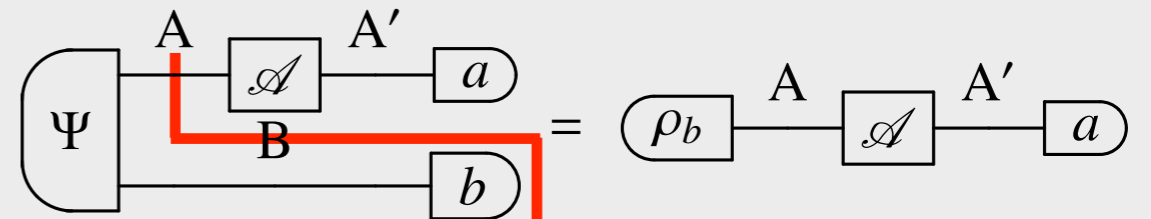
È possibile discriminare una qualunque coppia di stati di un sistema composto utilizzando solo osservazioni locali



Origine del prodotto tensore sui complessi



Caratterizzazione locale delle trasformazioni



# Principi per la teoria quantistica

Causalità

Discriminabilità perfetta

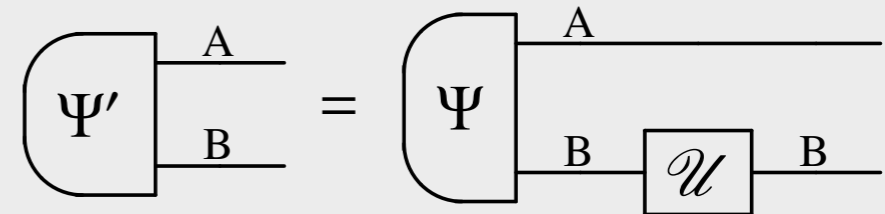
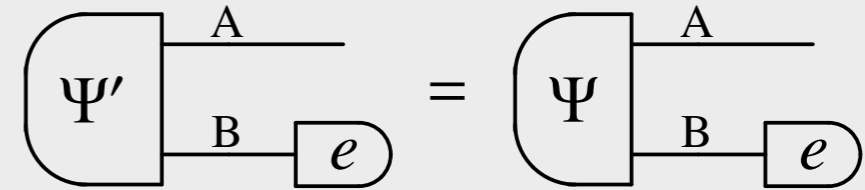
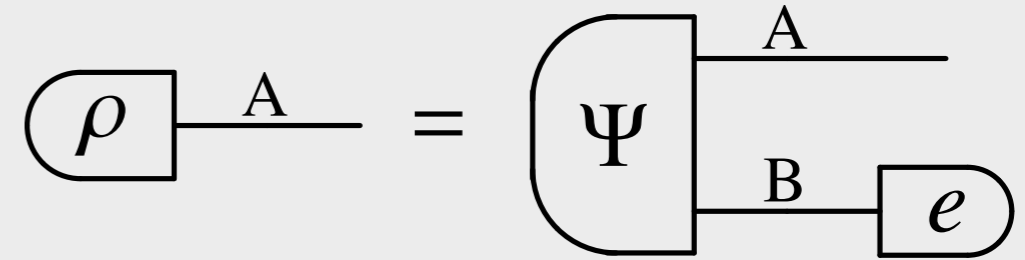
Discriminabilità locale

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

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

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

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

### 5. **No information without disturbance**

# Principi per la teoria quantistica

Causalità

Discriminabilità perfetta

Discriminabilità locale

Atomicità della composizione

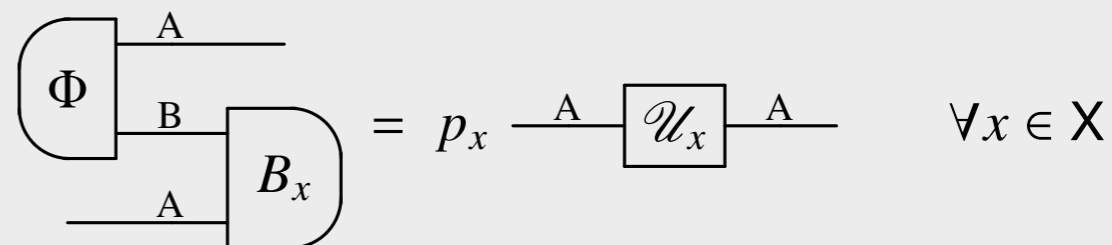
Compressione ideale

Purificazione

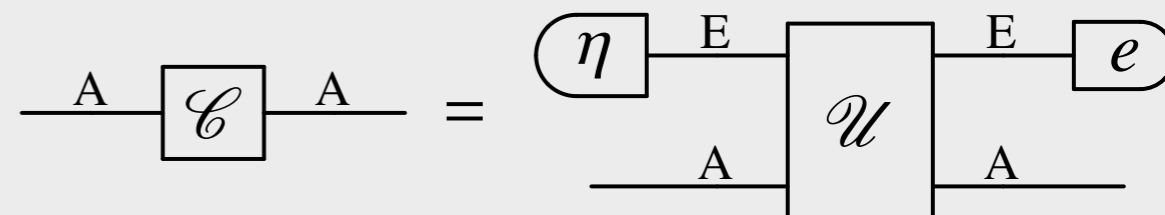
Ogni stato ha una purificazione. Per sistema di purificazione fissato due purificazioni dello stesso stato sono connesse da una trasformazione reversibile sul sistema purificante.

## Conseguenze

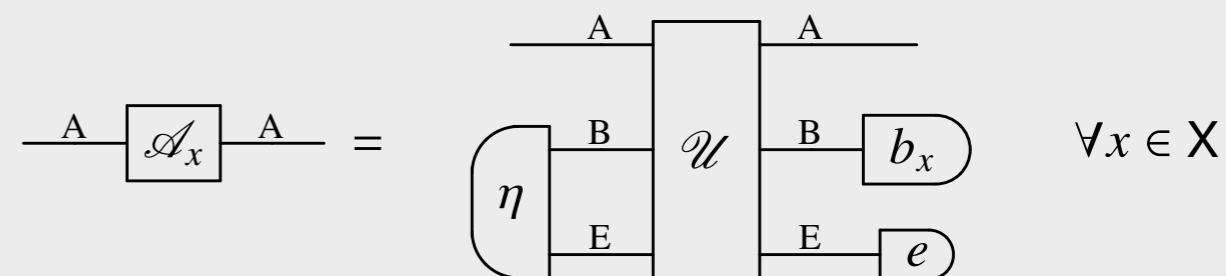
### 6. Teletrasporto



### 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