

O PARADOXO EPR E AS DESIGUALDADES DE BELL

Leonel Queimada e Nuno Santos
Hands on Quantum Mechanics '15

5 de Agosto de 2015

{
Condição de completude
Princípio da incerteza de Heisenberg
Realismo



- (1) A descrição dada pela função de onda é incompleta.
- (2) Quando operadores correspondentes a duas quantidades físicas distintas não comutam, estas não têm realidade simultânea.

Admita-se que a hipótese **(1)** está errada.

{ Princípio da localidade de Einstein
{ Critério de realidade



A hipótese **(2)** não se verifica.



A hipótese **(1)** está correcta:
a Mecânica Quântica é uma teoria incompleta.



TEORIAS DE VARIÁVEIS ESCONDIDAS

1
●
A



2
●
B

$$|\text{Estado singleto}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\hat{z}+; \hat{z}-\rangle - |\hat{z}-; \hat{z}+\rangle)$$

TEORIAS DE VARIÁVEIS ESCONDIDAS

Assuma-se que ambos os observadores, A e B, podem medir a componente do *spin* dos electrões segundos três direcções, \hat{a} , \hat{b} e \hat{c} , não necessariamente ortogonais.

Além disso, num dado intervalo de tempo, admite-se que a fonte emite N (par) de electrões e que uma dada fracção dessa população tem, por exemplo, as seguintes propriedades:

- ▶ Se se medir a componente do spin segundo \hat{a} , obter-se-á um '+' com toda a certeza
- ▶ Se se medir a componente do spin segundo \hat{b} , obter-se-á um '-' com toda a certeza

REALISMO

PRINCÍPIO DA LOCALIDADE DE EINSTEIN

UMA DESIGUALDADE DE BELL

TABLE 3.2. Spin-component Matching in the Alternative Theories

Population	Particle 1	Particle 2
N_1	$(\hat{\mathbf{a}}+, \hat{\mathbf{b}}+, \hat{\mathbf{c}}+)$	$(\hat{\mathbf{a}}-, \hat{\mathbf{b}}-, \hat{\mathbf{c}}-)$
N_2	$(\hat{\mathbf{a}}+, \hat{\mathbf{b}}+, \hat{\mathbf{c}}-)$	$(\hat{\mathbf{a}}-, \hat{\mathbf{b}}-, \hat{\mathbf{c}}+)$
N_3	$(\hat{\mathbf{a}}+, \hat{\mathbf{b}}-, \hat{\mathbf{c}}+)$	$(\hat{\mathbf{a}}-, \hat{\mathbf{b}}+, \hat{\mathbf{c}}-)$
N_4	$(\hat{\mathbf{a}}+, \hat{\mathbf{b}}-, \hat{\mathbf{c}}-)$	$(\hat{\mathbf{a}}-, \hat{\mathbf{b}}+, \hat{\mathbf{c}}+)$
N_5	$(\hat{\mathbf{a}}-, \hat{\mathbf{b}}+, \hat{\mathbf{c}}+)$	$(\hat{\mathbf{a}}+, \hat{\mathbf{b}}-, \hat{\mathbf{c}}-)$
N_6	$(\hat{\mathbf{a}}-, \hat{\mathbf{b}}+, \hat{\mathbf{c}}-)$	$(\hat{\mathbf{a}}+, \hat{\mathbf{b}}-, \hat{\mathbf{c}}+)$
N_7	$(\hat{\mathbf{a}}-, \hat{\mathbf{b}}-, \hat{\mathbf{c}}+)$	$(\hat{\mathbf{a}}+, \hat{\mathbf{b}}+, \hat{\mathbf{c}}-)$
N_8	$(\hat{\mathbf{a}}-, \hat{\mathbf{b}}-, \hat{\mathbf{c}}-)$	$(\hat{\mathbf{a}}+, \hat{\mathbf{b}}+, \hat{\mathbf{c}}+)$

Seja $P(\hat{\mathbf{a}}+; \hat{\mathbf{b}}+)$ a probabilidade de, numa selecção aleatória, o observador A medir $\hat{\mathbf{a}}+$ e o observador B medir $\hat{\mathbf{b}}+$, então

$$P(\hat{\mathbf{a}}+; \hat{\mathbf{b}}+) \leq P(\hat{\mathbf{a}}+; \hat{\mathbf{c}}+) + P(\hat{\mathbf{c}}+; \hat{\mathbf{b}}+)$$

ARTIGOS DE J.BELL E A.ASPECT

*On the Einstein–Podolsky–Rosen paradox**

1 Introduction

The paradox of Einstein, Podolsky and Rosen¹ was advanced as an argument that quantum mechanics could not be a complete theory but should be supplemented by additional variables. These additional variables were to restore to the theory causality and locality². In this note that idea

Experimental Test of Bell's Inequalities Using Time-Varying Analyzers

Alain Aspect, Jean Dalibard,^(a) and Gérard Roger

Institut d'Optique Théorique et Appliquée, F-91406 Orsay Cédex, France

(Received 27 September 1982)

Correlations of linear polarizations of pairs of photons have been measured with time-varying analyzers. The analyzer in each leg of the apparatus is an acousto-optical switch followed by two linear polarizers. The switches operate at incommensurate frequencies near 50 MHz. Each analyzer amounts to a polarizer which jumps between two orientations in a time short compared with the photon transit time. The results are in good agreement with quantum mechanical predictions but violate Bell's inequalities by 5 standard deviations.