

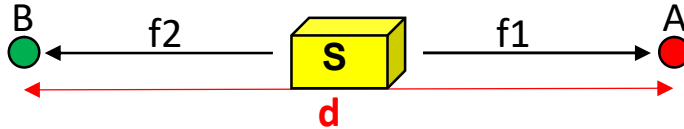
## EPR in breve

### - Lo stato di partenza (lo stato entangled)

Con un sistema opportuno (un cristallo non lineare), posso creare uno stato formato da due fotoni (**1** e **2**) "entangled", nella sovrapposizione di due stati di polarizzazione perpendicolari (**V** e **O**), che viaggiano in direzioni opposte.

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|1,V\rangle \cdot |2,V\rangle) + \frac{1}{\sqrt{2}}(|1,O\rangle \cdot |2,O\rangle) \quad (1)$$

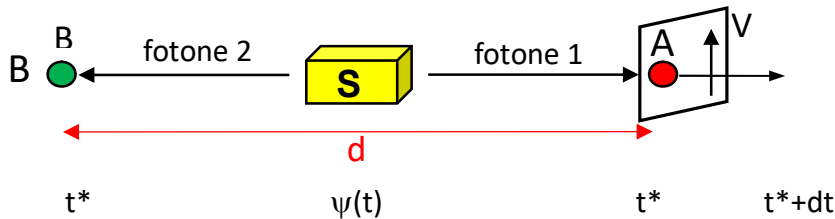
### - Il gedanken experiment EPR



1) Supponiamo che in **A** e in **B** ci siano due osservatori, e di sottoporre lo stato  $|\psi\rangle$  ad un test di polarizzazione **Verticale** sul fotone 1 al tempo  $t^*$ : il fotone 1 ha il 50% di probabilità di passare il test Verticale. Lo stesso risultato (50%) si avrebbe se facessi un test di polarizzazione Orizzontale sul fotone 1, o un test di polarizzazione Orizzontale o Verticale sul fotone 2. Avrei sempre una probabilità del 50% di passare qualunque test di polarizzazione lungo qualunque direzione.

2) Dopo una misura al tempo  $t^*$  su di un fotone (esempio il fotone **1**) che abbia passato il test **Verticale** la funzione d'onda si modificherà, diventerà  $\psi'$ . Ora saprò con certezza la polarizzazione del fotone **1**, ed anche del fotone **2**, avrò cioè:

$$|\psi, t\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|1,V\rangle \cdot |2,V\rangle) + \frac{1}{\sqrt{2}}(|1,O\rangle \cdot |2,O\rangle) \rightarrow |\psi', t^*\rangle = (|1,V\rangle \cdot |2,V\rangle)$$



Quindi al tempo  $t^* + dt$  (dove  $dt$  è molto piccolo, cioè  $dt \ll d/c$ ) **TUTTI E DUE I FOTONI SONO  $|V\rangle$** , hanno cioè il 100% di probabilità di passare un test **Verticale**.

L'argomento EPR:

1. Quindi l'osservatore in **A**, solidale con il polarizzatore, potrà prevedere con certezza, senza disturbarlo, che il fotone **2** passerà un test di polarizzazione verticale con la probabilità del 100%, quindi con certezza, se facessi una misura in B al tempo  $t^* + dt$ .
2. Quindi il fotone **2** ha un elemento di realtà fisica, la polarizzazione V (vedi definizione di realismo).
3. Ma, per l'ipotesi di località, la misura in **A** non può aver influito sul fotone **2** (un qualunque segnale, anche con velocità  $c$ , non può aver raggiunto B in un tempo  $dt$ ), quindi il fotone **2** possedeva questa proprietà anche prima della misura fatta all'istante  $t^*$ , indipendentemente dalla misura fatta sul fotone **1**.
4. Quindi c'è un elemento di realtà che la teoria non è in grado di descrivere.
5. Quindi la teoria è incompleta.