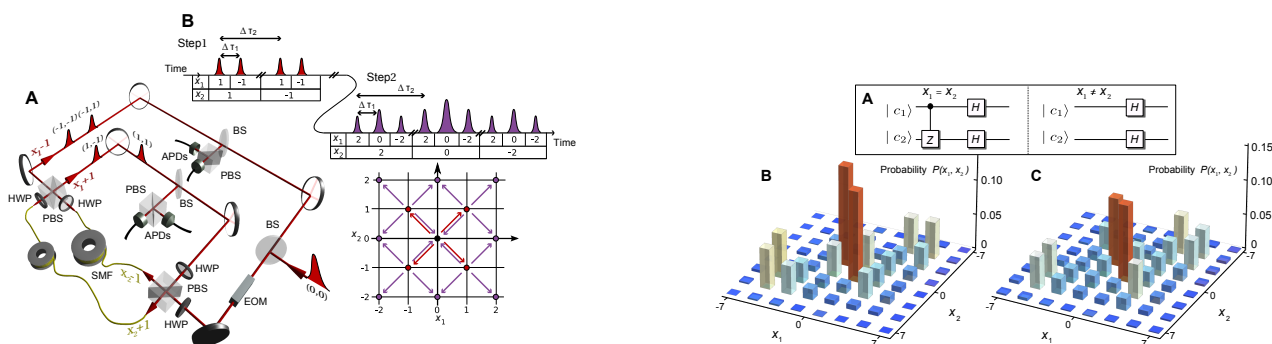


Simulace kvantové dynamiky pomocí světla

Námi navržený a realizovaný experiment implementuje modelový systém založený na takzvané dvourozměrné kvantové procházce, který nám umožňuje napodobovat dynamiku dvou kvantových částic a studovat dopad jejich vnitřních vlastností na jejich pohyb v prostoru. Při kvantové procházce se částice pohybuje v diskretních krocích po bodech čtvercové mřížky. Podobně jako v klasické náhodné procházce se o směr každého dalšího kroku rozhoduje hodem mincí. V klasické procházce je však výsledek hodu mince zcela náhodný. Částice volí s jistou pravděpodobností mezi různými trajektoriemi, což vede k difuznímu chování. V případě kvantové procházky chodec v rámci částicově-vlnového dualismu volí všechny možné cesty současně a podléhá interferenčním jevům. Tyto jevy jsou pak ovlivňovány změnami parametrů, které kvantovou procházku řídí.

Naše implementace dvourozměrné procházky využívá světlo jako médium pro její realizaci. Změnami roviny polarizace světla jsme schopni kontrolovat šíření světla ve všech čtyřech směrech (nahoru, dolů, doleva a doprava). Průběh našeho experimentu je však překvapivě možno interpretovat i zcela odlišným způsobem: namísto jedné kvantové částice procházející dvourozměrnou čtvercovou mříží se na experiment můžeme dívat jako na dvě částice pohybující se po přímkách. Povahu a vlastnosti takového šíření simulované dvojice částic jsme určovali pomocí změn vlastností světelného pulzu. Tento postup nám umožnil napodobovat různé typy dynamiky jak pro rozlišitelné tak nerozlišitelné částice, a to změnou povahy interakce v závislosti na jejich vzájemné vzdálenosti. Naměřili jsme neklasické korelace, které v odpovídajících fyzikálních situacích mezi dvěma částicemi vznikají. Jako příklad jsme demonstrovali, že dva bosony (částice s celočíselným spinem) vykazují silnou tendenci se shlukovat, jakmile se během časového vývoje setkají. V případě atomů (které mohou vykazovat podobné chování jako bosony) tento druh interakce vede ke tvorbě molekul.



Obrázek 1: Vlevo: schéma experimentální realizace dvourozměrné kvantové procházky. Vpravo: teoreticky předpovězené a experimentálně naměřené rozdělení polohy dvou bodově interagujících částic vykonávajících kvantovou procházku. Převzato z A. Schreiber, A. Gábris, P. P. Rohde, K. Laiho, M. Štefaňák, V. Potoček, C. Hamilton, I. Jex and Ch. Silberhorn, *A 2D quantum walk simulation of two-particle dynamics*, Science **336**, 55 (2012)