

Atomowy laser przypadkowy



Określenie laser atomowy nie jest najszcześniejsze, ale zostało powszechnie przyjęte do określenia urządzeń emitujących koherentne fale materii w analogii do optycznych laserów emitujących koherentne fale elektromagnetyczne. Lasery atomowe wytwarzające ciągłą wiązkę fal materii, bądź strzelające pakietami fal materii, zostały zrealizowane eksperymentalnie, wykorzystując kondensat Bosego-Einsteina zimnych gazów atomowych. Kondensat to bardzo ciekawy kwantowy stan układu wielu cząstek. Zwykle mechanika kwantowa uwidoczni się dopiero w skali atomowej. W kondensacie milion atomów robi to samo i efekty kwantowe widać niemal gołym okiem.

Bardzo specyficznym rodzajem optycznego lasera jest laser przypadkowy, który w odróżnieniu od tradycyjnych urządzeń tego typu nie wykorzystuje tzw. rezonatora do selekcji fal elektromagnetycznych, które ulegają wzmocnieniu i wyemitowaniu. W optycznym laserze przypadkowym nieporządek pełni rolę selektora fal.

W zimnych gazach atomowych nieporządek może być wytworzony w kontrolowany sposób. Jednym ze sposobów jest przepuszczenie wiązki światła przez matowe szkło. Dyfrakcja powoduje, że w dużej odległości od matówki natężenie światła zmienia się przypadkowo w przestrzeni. Jeżeli klasyczna cząstka porusza się w potencjale przypadkowym, to ruch taki

Prof. dr hab. Krzysztof Sacha od 14 lat w Zakładzie Optyki Atomowej prowadzi badania teoretyczne ultra-zimnych gazów atomowych. Więcej informacji można znaleźć na stronie <http://chaos.if.uj.edu.pl/~sacha/>

krzysztof.sacha@uj.edu.pl

charakteryzuje dyfuzja, tzn. nieokreśloność położenia cząstki rośnie w czasie. Inaczej sytuacja wygląda w opisie kwantowym. Funkcja falowa opisująca cząstkę ulega wielokrotnemu rozproszeniu w obecności potencjału przypadkowego. W konsekwencji destruktywna interferencja powoduje, że ruch dyfuzyjny zamiera i cząstka ulega lokalizacji Andersona. Wspólnie z doktorantem Marcinem Płodzieniem pokazaliśmy, że używając np. dwóch matówek do wytworzenia potencjału przypadkowego dla zimnych atomów, jesteśmy w stanie manipulować właściwościami nieporządku. W szczególności możemy stworzyć taki nieporządek, w którym lokalizacja Andersona pojawia się selektywnie. Aby zilustrować taką sytuację klasycznym modelem, proponuję wyobrazić sobie most, w którym deski zostały rozmieszczone w przypadkowych odległościach między sobą, ale w taki sposób, że człowiek biegnący z określoną prędkością (a dokładniej stawiający kroki o odpowiedniej długości) jest w stanie



Szkic atomowego lasera przypadkowego. Nieporządek selekcjonuje fale materii, które są emitowane z ośrodka (rysunek Ola Sacha)

z dużym prawdopodobieństwem przebiec przez most. Jeżeli jednak pobiegnie za szybko lub za wolno, wpadnie w szczelinę między deskami, tzn. ulegnie lokalizacji. Wiemy jak w układach zimnych atomów wytworzyć przypadkowy potencjał, w którym lokalizują się wszystkie atomy z wyjątkiem atomów poruszających

się z określoną prędkością. Umieszczenie kondensatu Bosego-Einsteina w takim potencjale spowoduje, że z obszaru nieporządku uciekną atomy tylko o określonej prędkości. Atomy te utworzą wiązkę koherentnych fal materii emitowanych z przypadkowego ośrodka na wzór optycznego lasera przypadkowego.