

УДК 535.8

КУБИТНЫЕ СОСТОЯНИЯ СВЕТЛЫХ СВЯЗАННЫХ СОЛИТОНОВ

Нго В.Т. (Университет ИТМО), Царёв Д.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Алоджанц А.П.

(Университет ИТМО)

Работа посвящена формированию кубитных состояний светлых связанных солитонов конденсата Бозе-Эйнштейна в сильно вытянутой ловушке. Разработана вариационная модель динамики связанных солитонов; изучены стационарные решения для разности населенностей и фаз солитонов и кубитные состояния на их основе. Показано применение данных состояний для получения стандарта частоты.

Введение. Изучение формирования и взаимодействия нелинейных коллективных мод в Керро-подобных средах сегодня привлекает интерес мирового научного сообщества; они представляют собой удобную платформу для реализации квантовой метрологии времени и частот, спектроскопии, получении стандартов частоты, измерении расстояний и так далее. В данной работе предлагаются новые метрологические приложения суперпозиционных состояний связанных светлых солитонов в качестве макроскопических кубитов. В частности, показано применение таких кубитов для получения стандарта частоты.

Основная часть. Платформа представляет собой сильно вытянутую сигарообразную оптическую ловушку, в которую помещен Бозе-конденсат притягивающихся частиц. С помощью дополнительного W -потенциала в конденсате формируются два светлых солитона, которые после выключения W -потенциала свободно эволюционируют. С помощью вариационного подхода квантовой теории поля были получены уравнения динамики основных вариационных параметров этих солитонов: разности населенностей $z = (N_2 - N_1)/N$, и разности фаз $\theta = \theta_2 - \theta_1$; $N_{1,2}$ – населенности двух солитонов (число частиц); $N = N_1 + N_2$. Данные солитоны могут быть рассмотрены как эффективная двумодовая система в суперпозиции своего основного и возбужденного состояний, обладающих энергиями $\hbar\beta_1$ и $\hbar\beta_2$, соответственно. Тогда после перехода к эффективным фазам солитонов (в безразмерных единицах) $\Theta_j = \theta_j - \beta_j t$, можно записать эффективный фазовый сдвиг в виде $\Theta = \theta - \Omega t$, где $\Omega = \beta_2 - \beta_1$ – разность собственных частот (энергий) двух состояний. Частота Ω вместе с расстоянием между солитонами Δ являются основными управляющими параметрами модели, которые могут быть найдены в эксперименте. Были построены и проанализированы фазовые портреты $z - \Theta$, в том числе стационарные точки, характеризующиеся ненулевой разностью населенностей z , в том числе максимальной разностью населенностей $z^2 = 1$. Эти точки представляют особый интерес, поскольку они позволяют формировать кубитные состояния солитонов, причём состояние с $z^2 = 1$ представляет собой $N00N$ -состояние, известное в квантовой метрологии. Было показано, что при измерении частоты Ω с помощью $N00N$ -состояние солитонного кубита достигается предел Гейзенберга $\Delta\Omega \propto N^{-1}$ – предельная точность измерения в рамках линейной метрологии.

Выводы. Таким образом, светлые связанные солитоны БЭК в сигарообразной ловушке позволяют формировать кубитные состояния, в том числе $N00N$ -состояние. Показано, что такое состояние позволяет измерять разность собственных частот (энергий) солитонов Ω с гейзенберговской точностью, что открывает возможность для получения стандартов частоты.

Нго В.Т.

Подпись

Алоджанц А.П.

Подпись