DYNAMICS OF A DISSIPATIVE BOSE EINSTEIN CONDENSATE IN THE EXTERNAL PARABOLIC POTENTIAL

ДИНАМИКА ДИССИПАТИВНОГО КОНДЕНСАТА БОЗЕ ЭЙНШТЕЙНА ВО ВНЕШНЕМ ПАРАБОЛИЧЕСКОМ ПОТЕНЦИАЛЕ

Х.Н. Исматуллаев

НУУз

Abstract. Using the variational approximation, it is shown that in a dissipative condensate, the width fluctuations and the motion of the center of mass are related in the case of an external parabolic potential.

Абстракт. Путем вариационного приближения показано, что в диссипативном конденсате колебания ширины и движение центра масс связаны и в случае внешнего параболического потенциала.

Анализ конденсата Бозе-Эйнштейна как с отталкивающим, так и с притягивающим характером взаимодействия атомов во внешнем параболическом потенциале показывает, что в таком потенциальном конденсате на движение центра масс не влияют флуктуации ширины конденсата, и наоборот [1]. Уравнения для центра масс конденсата и его ширины становятся связанными в случае, когда внешний потенциал является ангармоническим, при котором колебания центра масс относительно внешнего потенциала приводят к колебаниям ширины конденсата. Колебания ширины конденсата не всегда приводят к колебаниям центра масс. Изменение ширины может привести к колебаниям центра масс, если внешний ангармонический потенциал несимметричен. Если конденсат находится в равновесном состоянии, то изменения ширины не приводят к флуктуациям центра масс конденсата.

Возникновение связи между уравнениями для центра масс конденсата и его ширины показано, например, в [2], а возможность двойного резонанса в колебаниях ширины и центра масс конденсата исследуется методом вариационный подход . Найдены частоты, при которых имеет место одновременный резонанс. Показана возможность двойного резонанса в достаточно широком диапазоне параметров конденсата. В параболическом потенциале в колебаниях конденсата двойной резонанс невозможен, в связи с тем, что центр масс в таком потенциале не зависит от колебаний ширины конденсата. Анализ возникновения связи между колебаниями ширины и центра масс конденсата проведен в случае консервативного конденсата, т.е. конденсата с постоянной нормой. В данной работе исследуется случай квазиодномерного диссипативного конденсата в параболическом потенциале, когда в нестационарном конденсате норма непостоянна.

Путем вариационного приближения показано, что в диссипативном конденсате свойства динамики внутренней моды (колебания ширины) и поступательного движения относительно ловушки (движение центра масс) связаны даже в случае внешнего параболического потенциала. Это дает возможность контролировать вибрации, манипулируя положением внутренней ловушки. Для учета диссипации воспользуемся феноменологическим подходом, предложенным Питаевским [3]. Динамика квазиодномерного диссипативного конденсата Бозе-Эйнштейна, захваченного во внешнем потенциале, в этом случае описывается модифицированным одномерным уравнением Гросса- Питаевского (ГП).

Эволюция любой диссипативной системы в отсутствие внешнего возмущения в конце концов приходит к своему равновесному состоянию. Соответствующее стационарное решение уравнения Гросса- Питаевского можно найти из стационарных решений следующего уравнения обобщенного уравнения Гросса- Питаевского :

$$iu_t = (1+i\gamma)(-\frac{1}{2}u_{xx} + V(x,t)u - g\,|u|^2\,u - \mu u), \qquad (1)$$

где нижние индексы означают дифференцирование. Для приближенного решения обобщенного уравнения Гросса- Питаевского используется функция Гаусса.

$$u = A(t)\exp(\frac{(x-x_0(t))^2}{2a^2(t)} + ik(t)(x-x_0(t)) + \frac{ib(t)(x-x_0(t))^2}{2}) \qquad (2)$$

где A, a, b, k и c амплитуда, ширина, чирп, скорость и центр масс конденсата соответственно. Используя функцию Гаусса в вариационных уравнениях [4], мы получаем следующую систему дифференциальных уравнений для параметров функции Гаусса:

$$\frac{db}{dt} = \frac{1}{a^4} - b^2 - 1 + \frac{gN}{\sqrt{2\pi}a^3} - \frac{2\gamma b}{a^2},$$

$$\frac{da}{dt} = ab + \gamma(\frac{1}{2a} - \frac{a^3b^2}{2} - \frac{a^3}{2} + \frac{gN}{2\sqrt{2\pi}}),$$

$$\frac{dN}{dt} = -\gamma N(\frac{a^2b^2}{2} + \frac{1}{2a^2} + \kappa^2 + \frac{(a^2+2(x_0-c)^2)F}{2} + \frac{2gN}{\sqrt{2\pi}a} - 2\mu).$$

$$\frac{d\kappa}{dt} = x_0 - c - \gamma[(\frac{1}{a^2} + a^2b^2)\kappa - a^2b(x_0-c)],$$

$$\frac{dx_0}{dt} = \kappa - \gamma a^2(b\kappa - (x_0-c)).$$

В полученной системе обыкновенных дифференциальных уравнений из-за диссипации все уравнения становятся связанными, и можно сделать вывод, что в диссипативном конденсате колебания центра масс конденсата относительно внешнего параболического потенциала вызывают колебания ширины конденсата.

Литература

1. Кон В. Циклотронный резонанс и колебания де Гааза-ван Альфена взаимодействующего электронного газа. физ . преп . 1961 № 123. С. 1242.
2. Абдуллаев Ф., Галимзянов Р., Исматуллаев Х . Коллективные возбуждения БЭК при ангармоническом дрожании положения ловушек. Дж . Физ . Б: В . мол . Опц . физ . 2008 № 41 С. 015301.
3. Чой С., Морган С. Феноменологическое затухание в захваченных атомных конденсатах Бозе-Эйнштейна Phys.Rev.A 1998 № 57. P . 4057.
4. F. Abdullaev, R. Galimzyanov, Kh. Ismatullaev, Collective oscillations of a quasi-one-dimensional Bose condensate under damping, August 2006, Physics Letters A 327