

## **МОДЕЛІ БОЗЕ- ТА БОЗЕ-ФЕРМІ-ХАББАРДА ПРИ СКІНЧЕННИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Мисакович Т.С.

*Інститут фізики конденсованих систем НАН України, м. Львів,  
e-mail: [mysakovych@icmp.lviv.ua](mailto:mysakovych@icmp.lviv.ua)*

Досліджено фазові переходи в моделях Бозе- та Бозе-Фермі-Хаббарда при скінченних температурах. Моделі такого типу можуть застосовуватись для опису оптичних ґраток, іонної провідності, інтеркаляції у кристали та кінетики іонів, адсорбованих на поверхнях кристалів. Слід відзначити, що до цього часу дослідження такого типу моделей в основному обмежувалось розглядом нульової температури.

Одночастинкову функцію Гріна розраховано у наближенні хаотичних фаз (схожому до наближення типу Хаббард-I у випадку ферміонної моделі Хаббарда) з використанням формалізму операторів Хаббарда. Таку функцію Гріна отримано для фази моттівського діелектрика, а також надплинної фази. Встановлено області існування згаданих фаз та побудовано фазові діаграми в площині хімічний потенціал-параметр переносу. Досліджено вплив температури на фазові діаграми та побудовано фазову діаграму температура-хімічний потенціал.

Проаналізовано вплив термічної активації перескоку іонів на фазові переходи (враховано температурну залежність параметра переносу  $t=t_0 \exp(-\beta\Delta)$ ). Показано, що термічна активація веде до звуження області існування надплинної фази. Встановлено, що завдяки термічній активації існує два значення критичної температури, при яких має місце перехід до надплинної фази (при фіксованому значенні хімічного потенціалу).

Для моделі Бозе-Фермі-Хаббарда досліджено випадок жорстких бозонів та використано псевдоспіновий формалізм при описі електрон-іонної взаємодії. Показано, що в системі формується ефективна взаємодія між іонами завдяки псевдоспін-електронній взаємодії. Термодинаміку моделі досліджено в наближенні середнього поля, а сприйнятливність системи розраховано в наближенні типу хаотичних фаз. Встановлено умови переходу першого роду зі стрибками електронної та іонної концентрацій між однорідними фазами та однорідною і модульованою фазою. Виявлено присутність у системі так званої “supersolid” фази, що характеризується одночасно дальнім порядком та відмінним від нуля середнім від операторів народження (знищення) частинок.