

УДК 538.9

**Юрій Дубленич**

*Інститут фізики конденсованих систем НАН України,  
м. Львів, Україна*

## **КОНТИНУУМ АПЕРІОДИЧНИХ СТРУКТУР У ГРАТКОВОМУ ГАЗІ НА ТРИКУТНІЙ ГРАТЦІ**

Проблема формування структур є однією з найцікавіших проблем сучасної фізики. Однак, попри десятиліття інтенсивних досліджень, у цій галузі залишається чимало фундаментальних питань, на які й досі нема відповіді. Серед них ось які. Чому утворюються квазикристалічні структури (ці структури мають далекий порядок, як звичайні кристали, однак не мають трансляційної симетрії) і як вони ростуть? Яким є механізм нескінченної адаптивності у деяких сполуках, де «у певних межах, кожен склад може дати цілком упорядковану кристалічну структуру»? Чи існують упорядковані структури, які не є ні звичайними кристалічними, ні квазикристалічними? Наші дослідження проливають трохи світла на усі ці проблеми.

Ми розглядаємо доволі просту модель ґраткового газу з одним сортом частинок на трикутній ґратці зі взаємодіями скінченного радіуса і показуємо, що в цій моделі існує континуум основних станів, параметризованих концентрацією частинок, або й хемічним потенціалом (якщо взаємодія сягає восьми сусідів). Континуум містить як періодичні (з точністю до фазонних перескоків частинок уздовж певних каналів), так і аперіодичні структури. Цілком можливо, що серед останніх є як квазикристалічні структури, так і аперіодичні неквазикристалічні.

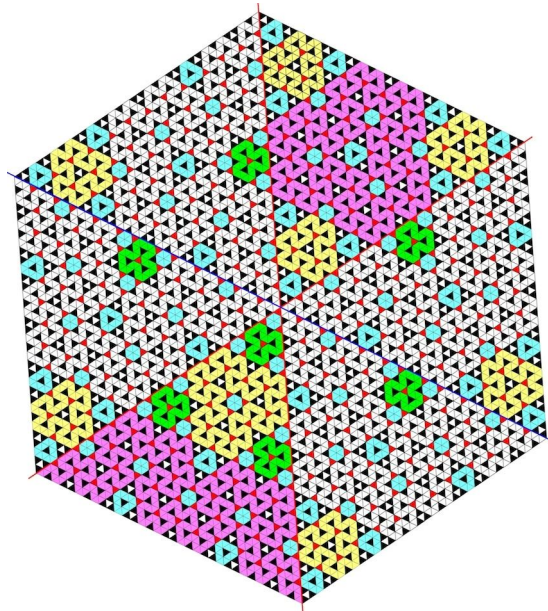
Досі нема загальної згоди щодо ролі енергії й ентропії у стабілізації квазикристалічних структур. Енергетична стабілізація передбачає існування ідеальних квазикристалічних основних станів. Якщо ж переважає роль ентропії, то квазикристали можуть існувати лише за досить високих температур і переходять у періодичні кристали, якщо температура нижчає. Наші результати свідчать на користь енергетичної концепції стабілізації аперіодичних структур (в тому числі квазикристалічних).

Для опису квазикристалічних структур використовують математичну теорію аперіодичних замощень. Такого типу замощення розглядав ще Кеплер. В наш час вперше аперіодичне замощення було одержано французьким геометром Берже (1964 р.). Воно побудоване з так званих плиток Ванга. Щодо моделей ґраткового газу з аперіодичними основними станами, то вони виникли у 1980-их роках (зразу ж після відкриття квазикристалів). Однак усі ці моделі базуються на певних аперіодичних замощеннях і містять багато сортів частинок (щонайменше шістнадцять). Ми ж одержали упорядковані аперіодичні структури лише з одним сортом частинок.

Досі не з'ясовано механізм росту квазикристалічної структури. Математичні правила сумісності (*matching rules*) у теорії замощень призводять до нелокальності росту. З цього було зроблено висновок, що такі правила не є

фізичними, бо для формування досконалої квазикристалічної структури вони вимагають далекосяжних взаємодій. Згодом було показано, що замощення Пенроуза можна одержати, використовуючи локальний алгоритм росту, який відповідає короткосяжним взаємодіям. Модель, яку ми розглядаємо, містить лише взаємодії скінченного радіуса, а пороте механізм росту аперіодичних і навіть періодичних структур у цій моделі нелокальний. Цей механізм можна б назвати «фазонним», бо він полягає в тому, що дефекти, які неминуче виникають у процесі росту, самоусуваються завдяки послідовним фазонним перескокам частинок.

Існування континууму основних станів у нашій моделі доводить, що так звана нескінченна адаптативність, спостережувана у багатьох сполуках, може виникати в системах зі скінченим радіусом взаємодії. Це суперечить припущенню Кіттеля про те, що за нескінченну адаптативність відповідають далекосяжні взаємодії.



Результати досліджень опубліковано у статті  
Yu I. Dublenych, *Continuum of ground-states and aperiodic structures in a lattice gas on the triangular lattice with finite-range interactions*, Phys. Rev. B **86**, 014201 (2012).