

**Перелік питань**  
**на іспит з курсу “Physics of Bose-systems / Фізика бозе-систем”**  
**(2020/2021 навч. рік)**

1. Історія досліджень квантових рідин і газів. Загальний огляд теоретичних моделей. Сучасний стан проблеми. Нові квантові рідини і гази, бозе-конденсація.
2. Ідеальні квантові гази. Виведення розподілів Бозе–Айнштайна і Фермі–Дірака.
3. Вплив зовнішнього потенціалу (“пастки”) на термодинамічні функції ідеального бозе-газу. Квазікласичне трактування зовнішнього потенціалу. Залежність від форми пастки і просторової вимірності.
4. Хвильова функція конденсату. Рівняння Гросса–Пітаєвського. Аналіз однорідної тривимірної системи.
5. Метод наближеного вторинного квантування Боголюбова.
6. Системи зі скінченною кількістю частинок. Квазікласичне наближення для системи гармонічних осциляторів.
7. Фізичні основи сучасних методів отримання наднизьких температур: доплерівське охолодження, сізифівське охолодження, випарувальне охолодження. . .
8. Фізичні основи сучасних методів утримання нейтральних атомів: оптична меляса, магнітні й магнітооптичні пастки.
9. Виведіть розподіл Планка методом, який запропонував Бозе.
10. Отримайте вираз для густини станів ідеального двовимірного бозе-газу у зовнішньому квадратичному потенціалі  $U(x, y) = m(\omega_x^2 x^2 + \omega_y^2 y^2)/2$ .
11. Отримайте вирази для густини станів, енергії, температури фазового переходу у випадку ідеального  $D$ -вимірного бозе-газу.
12. Оцініть для  $D$ -вимірного ідеального бозе-газу значення стрибка похідної  $\left(\frac{\partial C_V}{\partial T}\right)\Big|_{T=T_c}$  у точці фазового переходу  $T = T_c$ .
13. Знайдіть поправку до квазікласичного наближення у виразах для кількості частинок  $N(T)$  та критичної температури  $T_c$  системи гармонічних осциляторів у просторі з вимірністю  $D > 2$ .
14. Використовуючи підхід Боголюбова, отримайте спектр елементарних збуджень слабконеідеального бозе-газу.
15. За допомогою рівняння Гросса–Пітаєвського отримайте енергетичний спектр слабконеідеального бозе-газу, використовуючи зображення хвильової функції конденсату у вигляді
$$\Phi(\mathbf{r}, t) = e^{-i\mu t/\hbar} \left[ \varphi(\mathbf{r}) + u(\mathbf{r})e^{-i\omega t} + v^*(\mathbf{r})e^{i\omega t} \right],$$
де  $u, v$  — малі величини.
16. Знайдіть енергію тривимірної слабковзаємодіючої системи в осциляторній пастці у гауссівському наближенні. Окремо розгляньте випадки відштовхувальної та притягальної міжатомних взаємодій.