

Екзаменаційні питання з курсу “Термодинаміка та статистична фізика”

Теоретичні питання

1. Рівноважний стан. Параметри, які описують стан рівноваги. Нормальні системи та системи з порушеною симетрією.
2. Зовнішні параметри. Емпірична газова температура. Шкала температур Кельвіна. Стала Больцмана.
3. I закон термодинаміки (ТД). Робота, теплота та енергія, пов'язана з обміном частинками з оточенням системи.
4. Рівноважні процеси. Елементарна робота системи та елементарна енергія, пов'язана з обміном частинками з оточенням. ТД сили, хімічні потенціали.
5. Умова рівноваги систем: теплова рівновага, рівновага по відношенню до обміну частинками, механічна рівновага.
6. Диференціальні форми. Повний диференціал. Інтегруючий множник. Умови існування інтегруючого множника для диференціальної форми.
7. II закон ТД для рівноважних процесів. Абсолютна температура. Ентропія.
8. Основне співвідношення ТД. ТД потенціали, основні ТД співвідношення для них та їх застосування. Співвідношення Максвелла. Рівняння Гіббса–Гельмгольца.
9. Застосування якобіанів у ТД обчисленнях. ТД коефіцієнти.
10. Адитивні та неадитивні ТД величини. Неадитивність температури, тиску та хімічного потенціалу.
11. Адитивність внутрішньої енергії. Поверхневі явища.
12. Адитивність ентропії та ТД потенціалів.
13. Залежність ТД величин від числа частинок та об'єму.
14. Основне співвідношення ТД в термінах питомих величин. Основне співвідношення ТД для хімічного потенціалу. Формули $\Phi = \mu N$, $\Omega = -pV$.
15. Розрахунок теплоємності та ентропії системи. Теплоємність та ентропія газу Ван-дер-Ваальса.
16. Розрахунок внутрішньої енергії та хімічного потенціалу системи. Внутрішня енергія та хімічний потенціал газу Ван-дер-Ваальса.
17. Розрахунок внутрішньої енергії, ентропії та хімічного потенціалу ідеального газу.
18. III закон ТД. Поведінка ТД величин при $T \rightarrow 0$.
19. Поведінка енергії та вільної енергії системи при $T \rightarrow 0$.
20. Поведінка тиску та хімічного потенціалу системи при $T \rightarrow 0$.
21. Поведінка ТД коефіцієнтів при $T \rightarrow 0$.
22. Скорочений опис нерівноважних станів. Функціональна гіпотеза Боголюбова.
23. Ентропійне рівняння. Потік ентропії, виробництво ентропії. II закон ТД для нерівноважних процесів у диференціальній формі.
24. Ентропійне рівняння. Потік ентропії, виробництво ентропії. II закон ТД для нерівноважних процесів у інтегральній формі. Закон зростання ентропії.
25. Стани неповної ТД рівноваги. Ентропія системи у стані неповної рівноваги.
26. Стан локальної рівноваги. Температура та інші локальні ТД величини. Слабка неоднорідність стану локальної рівноваги.
27. Рівняння гідродинаміки та уявлення про локальну рівновагу.
28. Термостат. Еволюція нерівноважної системи, поміщеної до термостату. Функція Ландау.
29. Поведінка ТД потенціалів нерівноважної системи в термостаті.
30. Постановка задачі про стійкість ТД рівноваги.
31. ТД нерівності як умова максимуму ентропії системи у рівновазі.

32. Основні ТД нерівності для однокомпонентного газу (рідини) у відсутності зовнішнього поля.
33. Опис стану та динаміки системи класичною механікою.
34. Функція розподілу (ФР) системи. Середні значення фізичних величин (ФВ).
35. Статистичний ансамбль та його еволюція. Рівняння Ліувілля.
36. Умова нормування ФР системи і стала Планка.
37. Особливості ФР системи для системи однакових частинок.
38. ТД граничний перехід (ТГП).
39. Рівноважна ФР системи. Статистичний сенс ТД величин.
40. Флуктуації фізичних величин. Границі застосування ТД.
41. Канонічний розподіл (КР) Гіббса. Статистичний інтеграл.
42. Застосування КР Гіббса для опису рівноваги ізольованої системи. Формула для її вільної енергії. Роль ТГП.
43. Внутрішня енергія та ТД сили як середні значення механічних ФВ.
44. Метод Гіббса обчислення середніх значень ФВ за допомогою КР.
45. *Метод Гіббса обчислення флуктуацій ФВ за допомогою КР. Флуктуації енергії системи в ситуації, яка описується КР Гіббса.*
46. Фізичний зміст величин, які входять у КР Гіббса при його застосуванні до ізольованої системи.
47. Застосування КР Гіббса до ідеального газу. Виконання ТГП. Формула Стірлінга.
48. Застосування КР для опису системи, поміщеної до термостату.
49. Застосування КР Гіббса до ідеального газу точкових частинок. Порівняння з результатами ТД розгляду.
50. Обчислення середніх значень одночастинкових ФВ. Одночастинкова ФР.
51. Обчислення середніх значень двочастинкових ФВ. Двочастинкова ФР.
52. Одночастинкова ФР ідеального газу. Розподіли Максвелла–Больцмана та Больцмана.
53. Розподіл Максвелла.
54. Метод скісного циліндра у розрахунку числа зіткнень частинок газу зі стінкою сосуду.
55. Розподіли Максвелла–Больцмана та Больцмана для ідеального газу точкових частинок у потенціальному зовнішньому полі.
56. *Великий КР (ВКР) Гіббса. Великий статистичний інтеграл.*
57. *Ймовірність W_N того, що в ситуації, яка описується ВКР, в системі N частинок.*
58. *Застосування ВКР Гіббса для опису рівноваги ізольованої системи. Формула для її великого ТД потенціалу. Роль ТГП.*
59. *Метод Гіббса обчислення середніх значень ФВ за допомогою ВКР.*
60. *Метод Гіббса обчислення флуктуацій ФВ за допомогою ВКР. Флуктуації кількості частинок в ситуації, яка описується ВКР Гіббса.*
61. *Застосування ВКР для опису системи, поміщеної до термостату.*
62. *Середні значення фізичних величин у квантовій статистичній механіці.*
63. *КР Гіббса у квантовій статистичній механіці. Статистична сума. Застосування квантового КР для опису рівноваги ізольованої системи та системи, поміщеної до термостату.*
64. *ВКР Гіббса у квантовій статистичній механіці. Велика статистична сума. Застосування квантового ВКР Гіббса для опису рівноваги ізольованої системи та системи, поміщеної до термостату.*
65. *Опис стану ідеального газу квантовою механікою. Одночастинкові стани. Внутрішні квантові числа частинок. Спін та поляризація.*
66. *Числа заповнення одночастинкових станів у ідеальному газі. Статистики Бозе та Фермі. Принцип Паулі. Принцип Паулі і виродження рівнів енергії. Зв'язок спіна та статистики.*
67. *Хвильова функція частинки в ідеальному газі. Врахування наявності сосуду. Періодичні граничні умови.*

68. ТГП у квантовій статистиці.
69. Розрахунок великого ТД потенціалу Ω квантового ідеального газу на основі ВКР Гіббса.
70. Метод Гіббса розрахунку середніх чисел заповнення в ідеальному газі. Розподіли Фермі–Дірака та Бозе–Ейнштейна.
71. Розрахунок внутрішньої енергії та кількості частинок квантового ідеального газу.
72. Ідеальний фермі-газ при $T = 0$. Числа заповнення. Імпульс та енергія Фермі.
73. Розрахунок імпульсу та енергії Фермі ідеального газу при $T = 0$.
74. Внутрішня енергія ідеального фермі-газу при $T = 0$.
75. Густина ймовірності значень імпульсу частинок ідеального фермі-газу при $T = 0$.

Практичні питання

1. Розрахунки для ідеального газу та газу Ван-дер-Ваальса.
2. Розрахунок теплоти та роботи в ТД процесах.
3. Застосування визначників Якобі в ТД обчисленнях.
4. Розрахунок ТД коефіцієнтів.
5. Розрахунок ентропії та внутрішньої енергії газів.
6. Розрахунок вільної енергії та хімічного потенціалу газів.
7. Застосування залежності від об'єму та кількості частинок у ТД обчисленнях.
8. ТД обчислення в термінах питомих величин.
9. Використання I закону ТД.
10. Використання II закону ТД для рівноважних процесів.
11. Використання II закону ТД для нерівноважних процесів.
12. Доведення термодинамічних нерівностей.
13. Використання III закону ТД.
14. Застосування розподілу Максвелла.

Вказівка: Курсивом помічені теоретичні питання, винесені на самостійне вивчення. Їх опануванню може допомогти посібник [2]. Мінімум СФ містить стара книга [4].

Література

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука, ч.1, 1976. – 584 с.
2. Соколовський О.Й., Лягушин С.Ф., Соколовський С.О. Посібник до вивчення дисципліни “Термодинаміка і статистична фізика”. – Дніпро: РВВ ДНУ, 2019. – 64 с.
3. Соколовський О.Й. Конспект лекцій.
4. Терлецький Я.П. Статистическая физика. – М.: Высшая школа, 1973. – 279 с.