

ПИТАННЯ, ЯКИ ВИНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕН 2019-2020 н.р.
“ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА”

- 1.1. Початкові положення термодинаміки. Постулати термодинаміки
- 1.2 Внутрішня енергія системи. Робота і теплота. Види теплообміну. Зв'язок теплоти з температурою та ентропією.
- 1.3 Термічне і калорічне рівняння стану складних і простих систем. Термічне рівняння стану ідеального газу. Калорічне рівняння стану ідеального газу. Термічні рівняння стану реального газу.
- 1.4 I закон термодинаміки для складних і простих систем. Можливість створення вічного двигуна першого роду.
- 1.5 Наслідки першого закону термодинаміки. Теплоємність складних і простих систем. Теплота ізотермічної зміни зовнішніх параметрів. Рівняння Майєра.
- 1.6 Основні термодинамічні процеси і їх рівняння.
- 1.7 Зв'язок модулів пружності з теплоємностями.
- 1.8 Зміст другого закону термодинаміки для рівноважних процесів. Формулювання другого закону термодинаміки Р. Клаузіусом, У.Томсоном, М. Планком. Можливість створення вічного двигуна другого роду.
- 1.9 Фізичний зміст ентропії. Термодинамічна температура.
- 1.10 Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів в складних і простих системах. Зв'язок між термічним і калорічним рівняннями стану.
- 1.11. Визначення внутрішньої енергії ідеального газу за допомогою диференціального рівняння, яке зв'язує термічне й калорічне рівняння стану
- 1.12. Визначення внутрішньої енергії газу Ван-дер-Ваальса за допомогою диференціального рівняння, яке зв'язує термічне й калорічне рівняння стану
- 1.13. Обчислення різниці теплоємностей $C_p - C_V$ різних систем за допомогою диференціального рівняння, яке зв'язує термічне й калорічне рівняння стану
- 1.14 Парадокс Гіббса для суміші газів.
- 1.15 Другий закон термодинаміки для нерівноважних процесів. Нерівність Клаузіуса. Основне рівняння і основна нерівність термодинаміки.

1.16 Цикл Карно. Перша та друга теореми Карно. Коефіцієнт корисної дії теплового двигуна

1.17 Третій закон термодинаміки. Принцип недосяжності 0 К. Наслідки третього закону термодинаміки: поведінка термічних коефіцієнтів, коефіцієнта поверхневого натягу, виродження ідеальних газів при наближенні до 0К.

1.18 Метод кругових процесів. Рівняння Клапейрона – Клаузіуса.

1.19 Метод термодинамічних потенціалів. Основне рівняння термодинаміки. Характеристичні функції стану. Зв'язок термодинамічних потенціалів між собою

1.20 Термодинамічні потенціали складних систем і систем із змінної кількістю частинок. Хімічний потенціал частинок.

1.21. Великий термодинамічний потенціал. Рівняння Гіббса - Дюгема

1.22. Загальні умови термодинамічної рівноваги та стійкості різних систем

1.23. Принцип Ле Шательє-Брауна. Приклади, у яких проявляється принцип Ле Шательє-Брауна

1.24 Фазові переходи першого роду. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Загальне диференціальне рівняння кривої рівноваги двох фаз однокомпонентної системи

1.25 Фазові переходи другого роду. Рівняння Еренфеста

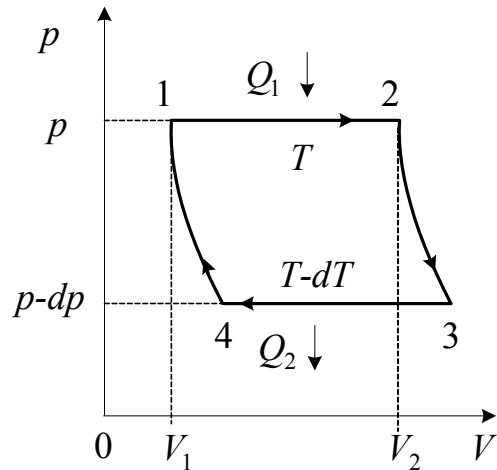
1.26. Критичні явища. Критичний стан

- 2.1 Мікроскопічний опис макроскопічної системи в класичній статистиці. Фазовий простір.
- 2.2 Мікроскопічний опис стану квантової системи.
- 2.3 Макроскопічні величини як середні значення по станах.
- 2.4 Теорема Ліувіля.
- 2.5 Мікроканонічний і канонічний розподіли.
- 2.6 Термодинамічна . Статистичне визначення ентропії.
- 2.7. Канонічний розподіл Гіббса
- 28 Мікроканонічний розподіл Гіббса, статистична сума і її зв'язок з термодинамічними характеристиками системи.
- 2.9 Виведення канонічного розподілу з мікроканонічного. Статистична температура.
- 2.10 Канонічний розподіл в квантовій і класичній областях. Квазікласичне наближення.
- 2.11 Статистичне обґрунтування третього закону термодинаміки.
- 2.12 Основні поняття і принципи статистичної фізики.
- 2.13 Обчислення внутрішньої енергії ідеального газу за допомогою канонічного розподілу
- 2.14 Обчислення енергії Гельмгольца за допомогою канонічного розподілу
- 2.15 Канонічний розподіл Гіббса для систем із змінної кількістю частинок.
- 2.16 Обчислення термодинамічних функцій класичного ідеального газу.
- 2.17 Статистичний інтеграл для ідеального газу.
- 2.18 Основні термодинамічні функції і рівняння стану ідеального газу.
- 2.19 Розподіл Максвелла-Больцмана.
- 2.20 Обчислення статистичного інтеграла для неідеального одноатомного газу.

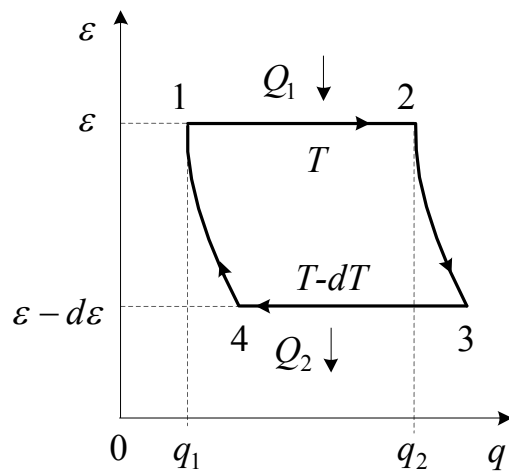
- 2.21 Рівняння стану реального одноатомного газу.
- 2.22 Класична теорія теплоємності газу.
- 2.23 Квантова теорія теплоємностей одноатомних і двоатомних ідеальних газів
- 2.24 Квантова статистика ідеальних газів. Розподіли Фермі і Бозе.
- 2.25 Розподіл Больцмана і критерій виродження газу.
- 2.26 Вироджені гази при температурах, близьких до абсолютного нуля
- 2.27 Флуктуації. Розрахунок флуктуації за допомогою канонічного розподілу Гіббса.
- 2.28 Флуктуації основних термодинамічних величин. Флуктуації об'єму і густини. Флуктуації температури, ентропії і тиску. Молекулярне розсіяння світла.
- 2.29 Броунівський рух і дифузія.
- 2.30 Основні положення термодинаміки нерівноважних систем. Кінетичне рівняння Больцмана.

Задача 1. Обчислити швидкість звуку в повітрі при 0°C і зміну швидкості звуку в залежності від зміни температури dv/dT . Прийняти для повітря $\gamma = 1,4$, $\mu = 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

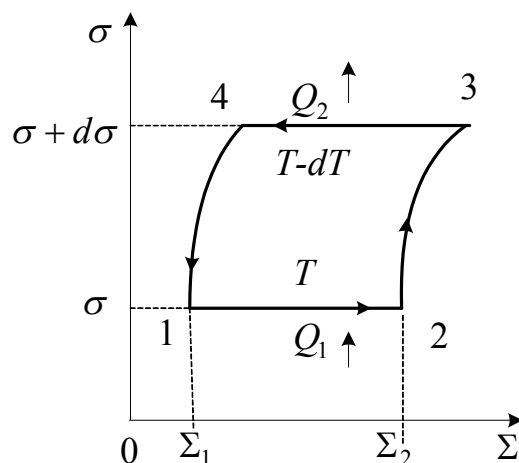
Задача 2. Методом циклів встановити залежність тиску насиченої пари від температури.



Задача 3. Методом циклів встановити температурну залежність електрорушійної сили \mathcal{E} гальванічного елемента.



Задача 4. За допомогою методу циклів відшукати температурну залежність поверхневого натягу σ рідини.



Задача 5. *Методом термодинамічних потенціалів отримайте залежність поверхневого натягу σ від температури T для рідких плівок.*

Задача 6. *Обчислити хімічний потенціал μ ідеального газу.*

Задача 7. *Довести, що тиск насиченої пари змінюється зі зміною температури за експоненціальним законом, якщо питома теплота переходу λ є постійною величиною.*

Задача 8. *Під яким тиском буде кипіти вода, температура якої 95°C ? Питома теплота випаровування води 2258 кДж/кг.*

Задача 9. *Теплота плавлення льоду при 0°C і тиску 1 атм складає 80 кал/г. Відношення питомих об'ємів льоду та води дорівнює $1.091:1.000$. Оцініть зміну точки плавлення при зміні тиску. 1 кал/см³ = $4,19 \cdot 10^6$ Н/м², 10^5 Н/м² = $0,987$ атм,*

Задача 10. *Визначити рівняння фазової траєкторії для частинки, що вільно падає в однорідному полі тяжіння.*

Задача 11. *Визначити рівняння фазової траєкторії для вільної частинки за наявності сили тертя пропорційної швидкості.*

Задача 12. *Знайти рівняння фазової траєкторії для точки, що здійснює гармонійні коливання уздовж осі Ox згідно із законом $x = a \cos \omega t$.*

Задача 13. *Визначити фазову траєкторію частинки масою m з електричним зарядом $-e$, яка рухається під дією кулонівської сили притягання до нерухомого заряду $+e$. Початкова відстань між зарядами r_0 і початкова швидкість частинки $v_0 = 0$.*

Задача 14. *Знайти число квантових станів фотона в інтервалі енергій від ε до $\varepsilon + d\varepsilon$.*

Задача 15. *Знайти об'єм фазового простору, що припадає на один квантовий стан одновимірного гармонійного осцилятора.*

Задача 16. *Знайти об'єм фазового простору, який відповідає всім можливим станам релятивістського руху вільної матеріальної точки, при енергіях, що не перевищують ε .*

Задача 17. Обчислити кількість молекул в 1 мм^3 кисню при температурі 300 K і тиску 2 атм , компоненти швидкості яких лежать в межах:

$$v_x = 200 \div 202 \text{ м/с}, \quad v_y = 450 \div 455 \text{ м/с}, \quad v_z = -300 \div -299 \text{ м/с}.$$

Задача 18. Азот знаходиться при температурі 0°C . Відшукайте відносну кількість молекул, швидкість яких лежить в інтервалі від 250 до 260 м/с ? Відносна молекулярна маса азоту дорівнює $M_r = 28,013$.

Задача 19. Визначити швидкість, яка відповідає максимуму густини розподілу молекул за швидкостями для водню, якщо температура дорівнює 0°C . Відносна молекулярна маса водню $M_{\text{H}_2} = 2,016$.

Задача 20. У вертикальному циліндрі висотою H знаходиться одноатомний ідеальний газ при температурі T . Використовуючи розподіл Больцмана визначити енергію одного моля газу, враховуючи наявність однорідного поля тяжіння.

Задача 21. Використовуючи розподіл Больцмана визначити середню енергію електричного диполя \vec{p} в зовнішньому однорідному електричному полі напруженістю \vec{E} . Вважати, що у зовнішньому електричному полі диполь має потенціальну енергію

$$u = -\vec{p}\vec{E} = -pE\cos\theta,$$

де θ — кут між векторами \vec{p} і \vec{E} .

Задача 22. Рівняння стану для неідеального газу має вигляд:

$$PV = RT \left(1 + \frac{A}{V} + \frac{B}{V^2} + \dots \right). \quad (1)$$

Величини A, B, \dots називають віріальними коефіцієнтами. У загальному випадку це функції від температури T і об'єму V . Визначити два перших віріальних коефіцієнта для газу Ван-дер-Ваальса. Рівняння стану Ван-дер-Ваальса для 1 моль речовини:

$$\left(P + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT.$$

Задача 23. Визначити внутрішню енергію газу Ван-дер-Ваальса. Вважати, що для реальних газів має місце залежність:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = \frac{a}{V^2}.$$

Задача 24. Два балони об'ємами $V_1 = 1$ л та $V_2 = 9$ л сполучені трубкою з краном. У першому балоні міститься 1 моль азоту, а другий – відкачаний до високого вакууму. Вважаючи стінки балонів та трубки адіабатичними, знайти, як і наскільки зміниться температура газу після відкриття крану.

Задача 25. Довести, що квантовий розподіл $\bar{n}_\alpha \approx e^{\frac{\mu - \varepsilon_\alpha}{kT}}$ переходить в розподіл Максвелла - Больцмана за умови застосування класичної статистики. Вважати, що виконується критерій:

$$\frac{\xi V}{N} \left(\frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \gg 1.$$

Задача 26. Довести, що для бозонного газу хімічний потенціал μ при зменшенні температури монотонно зростає. Вважати, що хімічний потенціал для квантових ідеальних газів неявно заданий формулою:

$$N = aV \int_0^\infty \frac{\sqrt{\varepsilon} d\varepsilon}{e^{\frac{\varepsilon - \mu}{kT}} - 1}.$$

Задача 27. Визначити залежність енергії електронного газу від температури при наближенні до абсолютного нуля. Вважати, що енергія електронного газу виражається формулою:

$$U = aV \int_0^\infty \frac{\varepsilon^{3/2} d\varepsilon}{e^{\frac{\varepsilon - \mu}{kT}} + 1}.$$

Задача 28. Використовуючи квантову теорію теплоємності Ейнштейна, обчислити питому теплоємність c_V при постійному об'ємі алюмінію при температурі $T = 200$ К. Характеристична температура θ_E Ейнштейна для алюмінію дорівнює 300 К.

Задача 29. Визначити теплоту ΔQ необхідну для нагрівання кристала NaCl масою $m = 20$ г від температури $T_1 = 2$ К до температури $T_2 = 4$ К. Характеристична температура Дебая T_D для NaCl дорівнює 320 К. Умову $T \ll T_D$ вважати виконаною.

Задача 30. Скласти і розв'язати рівняння руху броунівської частинки