

Київський національний університет
імені Тараса Шевченка

Затверджено
Вченою радою фізичного факультету
«__»_____200__р.

Протокол №____
Голова вченої ради, декан

Проф. Макарець М.В.

Фізичний факультет
Кафедра молекулярної фізики

Кандидат фізико-математичних наук,
Доцент Вербінська Галина Миколаївна

Викладачі, що ведуть лабораторні заняття:
доц. Вербінська Галина Миколаївна

ФІЗИКА ГАЗІВ

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

для студентів 4-го курсу фізичного факультету
групи спеціалізації „Медична фізика” та „Молекулярна фізика”
спеціальності 6.070100

Затверджено
кафедрою молекулярної фізики
«__»_____200__р.

Протокол №____
Завідувач кафедри

Проф. Булавін Л.А.

КИЇВ-2009

Вступ

Дисципліна “Фізика газів” для студентів фізичного факультету груп спеціалізації „Медична фізика” та Молекулярна фізика” є спеціальною дисципліною з циклу дисциплін самостійного вибору вищого навчального закладу для спеціальності “Фізика”, що читається в VI семестрі в обсязі 3 кредитів, в тому числі 54 годин аудиторних занять, з них 36 години лекцій і 18 години лабораторних робіт і 54 годин самостійної роботи. Закінчується заліком у VI семестрі.

Метою і завданням навчальної дисципліни “Фізика газів” є отримання базових знань з основ термодинаміки газів та газових сумішей, молекулярно-кінетичних та термодинамічних властивостей реальних газів та методів їх експериментального дослідження.

Предмет навчальної дисципліни “Фізика газів” – це загальні характеристики газоподібного стану речовини, термодинаміка газів та газових сумішей, властивості реальних газів, сучасні експериментальні методи дослідження газів та їх сумішей.

Вимоги до знань та вмінь.

Студент повинен знати:

- Загальні характеристики газоподібного стану речовини, сучасні експериментальні методи дослідження газів та їх сумішей;
- емпіричні рівняння стану реальних газів, рівняння Ван-дер-Ваальса, рівняння у вигляді віріального ряду, термодинамічні функції газу Ван-дер-Ваальса;
- метод статистичних сум одержання рівняння стану реальних газів;
- теорію Майєра реальних газів, термодинамічні функції газу Майєра;
- закон відповідних станів, поняття критична температура і температура Бойля та їх зв'язок з іншими характеристиками газу;
- рівняння Ван-дер-Ваальса для газових сумішей, термодинамічні властивості бінарних газових сумішей;
- термодинамічну та статистичну теорії теплоємності реального газу, експериментальні методи визначення теплоємностей реального газу при сталому об'ємі і тиску в широкому інтервалі об'ємів і тисків;
- релаксаційну теорію поширення звуку в газах і газових сумішах, експериментальні методи вимірювання швидкості поширення і поглинання ультразвуку в газах;
- теорії розсіяння світла Релея та Мандельштама в газах у випадках поляризованого і неполяризованого світла;
- формули Ейнштейна, Роккара розсіяння світла стиснутими газами;
- параметри розсіяного світла: коефіцієнт розсіяння світла, коефіцієнт екстинкції, поперечний переріз розсіяння, коефіцієнт деполаризації;
- рівняння стаціонарної і нестаціонарної теплопровідності в газах, експериментальні методи вимірювання коефіцієнту теплопровідності в широкому інтервалі параметрів стану;
- експериментальні методів визначення в'язкості газів;
- явища дифузії, самодифузії, термодифузії в газах, експериментальні методи визначення коефіцієнтів дифузії і термодифузії;
- особливості явищ переносу в газах при малих і середніх густинах, феноменологічні теорії явищ переносу в газах, зв'язок між коефіцієнтами переносу.

Студент повинен вміти:

- Одержати рівняння стану індивідуальних реальних газів методом статистичних сум;
- розрахувати віріальні коефіцієнти для різних потенціалів сил міжмолекулярної взаємодії: моделі твердих куль, моделі Сюзерленда, потенціалу Ленарда-Джонса;
- розрахувати константи Ван-дер-Ваальса, встановити зв'язок констант Ван-дер-Ваальса з віріальними коефіцієнтами;
- визначити термодинамічні потенціали для газу Ван-дер-Ваальса, для газу Майєра;
- одержати рівняння стану реального газу за теорією Майєра, групові та незвідні інтеграли в теорії Майєра;
- показати зв'язок критичної температури і температури Бойля з іншими характеристиками газу;
- записати статистичний інтеграл для систем з частинками різного сорту, рівняння стану бінарної газової суміші, знайти віріальні коефіцієнти для бінарної суміші газів малої густини;
- порівняти результати термодинамічної та статистичної теорій теплоємності реального газу, встановити зв'язок теплоємностей C_p , C_v з другим віріальним коефіцієнтом;
- використовувати експериментальні методи для визначення теплоємностей C_p , C_v і γ ;
- вимірювання швидкості поширення і поглинання звуку в газах, аналіз експериментальних результатів, визначення коефіцієнту об'ємної в'язкості, віріальних коефіцієнтів, теплоємності та інших молекулярних характеристик за акустичними даними;
- розрахувати інтенсивність і коефіцієнт деполаризації світла, розсіяного на просторово незалежних флуктуаціях в газах, проаналізувати індикатриси розсіяння, визначити молекулярні характеристики за параметрами розсіяного світла;
- охарактеризувати явища переносу в газах: теплопровідність, в'язкість, дифузія;
- на основі молекулярно-кінетичної теорії визначити коефіцієнт теплопровідності та проаналізувати експериментальні дані по теплопровідності газів в широкому інтервалі параметрів стану;
- експериментальне вимірювання коефіцієнтів теплопровідності;
- вимірювання коефіцієнту динамічної в'язкості газів, визначення константи Сюзерленда з експериментів по дослідженню в'язкості;
- записати рівняння дифузії, розглянути методи визначення коефіцієнтів самодифузії, взаємодифузії, термодифузії в газах, проаналізувати експериментальні дані;
- на основі феноменологічної теорії явищ переносу в газах встановити зв'язок між коефіцієнтами переносу;
- розв'язувати стаціонарні і нестаціонарні задачі теплопровідності і дифузії.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності. Спеціальна навчальна дисципліна "Фізика газів" є складовою циклу професійної підготовки фахівців спеціалізацій «молекулярна фізика» та «медична фізика» освітньо-кваліфікаційного рівня „бакалавр”. Вона спирається на знання, отримані студентом, в рамках базових курсів з квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки. У свою чергу, вона є підґрунтям для вивчення таких дисциплін як „Фазові переходи”, „Фізика рідин”, „Термодинаміка відкритих систем», „Фізика функціональних систем організму людини”.

Система контролю знань та умови складання заліку. Навчальна дисципліна „Фізика газів” оцінюється за **модульно-рейтинговою системою**. Вона складається з **2 модулів**. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за **100 - бальною шкалою**.

Форми поточного контролю: оцінювання результатів виконання та захисту лабораторних робіт та домашніх самостійних завдань. Максимальна кількість балів в одному модулі дорівнює **10 балам**. Наприкінці кожного змістовного модулю проводиться контроль знань у вигляді **модульної письмової контрольної роботи**. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати за модульну контрольну роботу, дорівнює **20 балам**.

Підсумковий модульний контроль знань студента проводиться у формі заліку, під час якого може бути отримана максимальна кількість балів – **40 балів**.

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка складається з семестрової модульної та екзаменаційної оцінок і дорівнює **100 балам**.

Підсумкова оцінка з дисципліни у балах 100-бальної шкали переводиться у **двобальну** (національну шкалу):

За 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
60 – 100	Задовільно
35 – 59	Незадовільно
1 – 34	

При цьому, кількість балів відповідає оцінці:

1 – 34 – „незадовільно” з обов’язковим повторним вивченням дисципліни;

35 – 59 – „незадовільно” з можливістю повторного складання;

60 – 100 – „задовільно”.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	семінари/ лаборант., практичні	самост. робота	інші форми контр.
Змістовий модуль 1					
1	Вступ. Ідеальний та реальний гази. Основні термодинамічні характеристики.	2		3	
2	Емпіричні рівняння стану реальних газів. Одержання рівняння стану методом статсум.	2	2	3	
3	Рівняння Ван-дер-Ваальса та його аналіз.	2		3	
4	Рівняння стану газових сумішей. Константи Ван-дер-Ваальса для газових сумішей.	2	2	3	
5	Теорія Майєра реальних газів	2		3	
6	Теплоємність ідеального та реального газів. Термодинамічна теорія теплоємності реальних газів.	2	2	3	
7	Статистична теорія теплоємності. Температурна залежність теплоємності двохатомного газу.	2		3	
8	Швидкість поширення звуку в газах. Коефіцієнт поглинання.	2	2	3	
9	Експериментальні методи вимірювання швидкості та поглинання ультразвуку в газах.	2		3	

МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА					
Оцінка за модульну контрольну роботу					
Оцінка за лабораторні роботи					
Змістовий модуль 2					
10	Теорія розсіяння світла Релея для поляризованого та неполяризованого світла. Індикатриси розсіяння.	2	2	3	
11	Теорія розсіяння світла Мандельштама.	2		3	
12	Розсіяння світла стиснутими газами і рідинами. Формула Ейнштейна-Смолуховського, формула Роккара.	2	2	3	
13	Врахування інтенсивності світла, розсіяного на флуктуаціях анізотропії. Фактор Кабанна. Критична опалесценція.	2		3	
14	Явища переносу в газах. Загальне рівняння переносу. Зв'язок між коефіцієнтами переносу.	2	2	3	
15	В'язкість газів. Розрахунок коефіцієнта динамічної в'язкості для неполярних та полярних газів.	2		3	
16	Теплопровідність газів та газових сумішей. Розрахунок теплопровідності одноатомних та багатоатомних газів.	2	2	3	
17	Дифузія в газах. Коефіцієнт самодифузії та взаємодифузії у випадку стаціонарної дифузії в газах. Рівняння нестационарної дифузії та нестационарної теплопровідності в газах. Термодифузія в газах.	2		3	
18	Використання елементів термодинаміки необернених процесів до явищ переносу в газах. Коефіцієнти Онзагера.	2	2	3	
МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА					
ЗАЛІК					
Оцінка за модульну контрольну роботу					
Оцінка за лабораторні роботи					
Оцінка за іспит					
ВСЬОГО		36	18	54	

Загальний обсяг 108 год., в тому числі:
лекції – 36 год.
лабораторні роботи – 18 год.
самостійна робота – 54 год.

ТЕМАТИЧНО – ЗМІСТОВНА ЧАСТИНА КУРСУ

Змістовий модуль 1

Лекція 1. Вступ. Ідеальний та реальний гази. Основні термодинамічні характеристики.

Предмет і задачі спецкурса «Фізика газів». Ідеальний та реальний гази, їх основні термодинамічні характеристики. Розподіл Максвелла-Больцмана. Барометрична формула. Потенціали міжмолекулярної взаємодії.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Виконання практичних завдань на розподіл Максвелла – Больцмана.

Література [1, 2]

Лекція 2. Емпіричні рівняння стану реальних газів. Одержання рівняння стану методом статсум.

Емпіричні рівняння стану реальних газів. Одержання рівняння стану індивідуальних реальних газів за допомогою методу статсум. Другий віріальний коефіцієнт для різних моделей потенціалу (модель твердих сфер, модель Сюзерленда, потенціал Леннарда-Джонса).

Лабораторна робота 1. Вивчення розподілу Максвелла молекул газу за швидкостями.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1, 2, 4]

Лекція 3. Рівняння Ван-дер-Ваальса та його аналіз.

Рівняння Ван-дер-Ваальса та його аналіз. Зв'язок констант Ван-дер-Ваальса з віріальними коефіцієнтами. Ізотерми реального газу та ізотерми Ван-дер-Ваальса. Правило Максвелла, правило важеля. Закон відповідних станів. Температура Бойля. Критична температура.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення:
 - Термодинамічні потенціали газу Ван-дер-Ваальса;
 - Ефект Джоуля-Томсона в газі Ван-дер-Ваальса

Література [1,2]

Лекція 4. Рівняння стану газових сумішей. Константи Ван-дер-Ваальса для газових сумішей.

Рівняння стану газових сумішей. Константи Ван-дер-Ваальса для газових сумішей. Другий віріальний коефіцієнт для сумішей газів.

Лабораторна робота 2. Вивчення законів реального газу.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Проведення розрахунків значень другого віріального коефіцієнту для різних сумішей газів.
4. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1,2]

Лекція 5. Теорія Майєра реальних газів.

Основні положення теорії Майєра реальних газів. Схема одержання рівняння стану. Групові та незвідні інтеграли в теорії Майєра реальних газів. Конфігураційний інтеграл в теорії Майєра реальних газів.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 5]

Лекція 6. Теплоємність ідеального та реального газів. Термодинамічна теорія теплоємності реальних газів.

Теплоємність ідеального та реального газів. Зв'язок теплоємностей C_p і C_v . Експериментальні методи визначення теплоємності C_v , C_p і γ . Термодинамічна теорія теплоємності реальних газів.

Лабораторна робота 3. Визначення відношення питомих теплоємностей C_p/C_v повітря.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1, 2]

Лекція 7. Статистична теорія теплоємності. Температурна залежність теплоємності двохатомного газу.

Статистична теорія теплоємності. Температурна залежність теплоємності двохатомного газу. Порівняння результатів термодинамічної та статистичної теорій теплоємності. Встановлення зв'язку теплоємностей C_p і C_v з другим віріальним коефіцієнтом.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [2, 4, 5]

Лекція 8. Швидкість поширення звуку в газах.

Феноменологічна теорія поширення звуку в газах. Зв'язок швидкості звуку з адіабатичною та ізотермічною стисливістю. Залежність швидкості поширення звуку в газах від тиску та температури. Коефіцієнт поглинання.

Лабораторна робота 4. Визначення швидкості поширення звуку в повітрі.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [6]

Лекція 9. Експериментальні методи вимірювання швидкості та поглинання ультразвуку в газах.

Експериментальні методи вимірювання швидкості та поглинання ультразвуку в газах: інтерферометр Пірсона, оптичний метод, імпульсний метод, резонансний метод.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.

2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
Література [6]

Матеріал, що винесений на самостійне вивчення

1. Розрахунок термодинамічні функції стану одноатомних ідеальних газів.
2. Обертання двохатомних молекул, що складаються з 3- різних атомів
3. Обертання двохатомних молекул, що складаються з однакових атомів.
4. Обертання багатоатомних молекул.
5. Внутрішньомолекулярні коливання.
6. Ефект Джоуля-Томсона в газі Ван-дер-Ваальса.
7. Термодинамічні потенціали газу Ван-дер-Ваальса.
8. Теплоємність газу Ван-дер-Ваальса.
9. Молярна теплоємність газу Леннарда-Джонса.

Контрольні запитання та завдання

1. Одержати рівняння стану індивідуальних реальних газів за допомогою методу статсум.
2. Другий віріальний коефіцієнт для різних моделей потенціалу (модель твердих сфер, модель Сюзерленда, потенціал Леннарда-Джонса).
3. Рівняння Ван-дер-Ваальса та його аналіз.
4. Зв'язок констант Ван-дер-Ваальса з віріальними коефіцієнтами.
5. Ізотерми реального газу та ізотерми Ван-дер-Ваальса. Правило Максвелла, правило важеля.
6. Закон відповідних станів. Температура Бойля. Критична температура.
7. Рівняння стану газових сумішей. Константи Ван-дер-Ваальса для газових сумішей.
8. Основні положення теорії Майєра реальних газів. Схема одержання рівняння стану.
9. Групові та незвідні інтеграли в теорії Майєра реальних газів.
10. Конфігураційний інтеграл в теорії Майєра реальних газів.
11. Теплоємність ідеального та реального газів. Зв'язок теплоємностей C_p і C_v .
12. Експериментальні методи визначення теплоємності C_v .
13. Експериментальні методи визначення теплоємності C_p і γ .
14. Термодинамічна теорія теплоємності реальних газів.
15. Статистична теорія теплоємності. Температурна залежність теплоємності двохатомного газу.
16. Порівняти результати термодинамічної та статистичної теорій теплоємності. Встановити зв'язок теплоємностей C_p і C_v з другим віріальним коефіцієнтом.
17. Феноменологічна теорія поширення звуку в газах.
18. Зв'язок швидкості звуку з адіабатичною та ізотермічною стисливістю.
19. Швидкість поширення звуку в газах. Коефіцієнт поглинання.
20. Експериментальні методи вимірювання швидкості та поглинання ультразвуку в газах.
21. Залежність швидкості поширення звуку в реальних газах від тиску та температури.
22. Отримати вираз критичних параметрів – температури, об'єму, тиску – через константи рівняння стану для реального газу:

а) рівняння Бертло $\left(p + \frac{a}{TV^2}\right) \cdot (V - b) = RT$

б) рівняння Клаузіуса $\left(p + \frac{a}{T(V+c)^2}\right) \cdot (V - b) = RT$

23. Розрахувати критичний коефіцієнт $s = \frac{RT_k}{P_k V_k}$ для рівнянь Дітерічі:

А) $p(V-b) = RT \exp\left(-\frac{a}{RTV}\right)$; б) $\left(p + \frac{a}{V^{5/3}}\right) \cdot (V-b) = RT$

24. Розрахувати критичний коефіцієнт $s = \frac{RT_k}{P_k V_k}$ для рівняння Ван-дер-Ваальса і порівняти його з експериментальним значенням ($s=3,7$).

25. Отримати зведене рівняння стану для речовин, що описуються першим рівнянням Дітерічі $p(V-b) = RT \exp\left(-\frac{a}{RTV}\right)$.

26. Отримати зведене рівняння стану для речовин, що описуються другим рівнянням Дітерічі $\left(p + \frac{a}{V^{5/3}}\right) \cdot (V-b) = RT$.

Змістовий модуль 2

Лекція 10. Теорія розсіяння світла Релея для поляризованого та неполяризованого світла. Індикатриси розсіяння.

Теорія розсіяння світла Релея для поляризованого та неполяризованого світла.
Індикатриси розсіяння. Коефіцієнт деполаризації.

Лабораторна робота 5 (розрахункова). Флуктуації в термодинамічних системах. Флуктуації ентропії і тиску.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [7, 8]

Лекція 11. Теорія розсіяння світла Мандельштама.

Флуктуації числа частинок. Флуктуації густини. Теорія розсіяння світла Мандельштама.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [7, 8]

Лекція 12. Розсіяння світла стиснутими газами і рідинами. Формула Ейнштейна-Смолуховського, формула Роккара.

Флуктуації термодинамічних величин. Корреляції флуктуацій. Розсіяння світла стиснутими газами і рідинами. Формула Ейнштейна-Смолуховського, формула Роккара.

Лабораторна робота 6. (розрахункова). Флуктуації в термодинамічних системах. Флуктуації температури та об'єму.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [7, 8]

Лекція 13. Врахування інтенсивності світла, розсіяного на флуктуаціях анізотропії.

Фактор Кабанна. Критична опалесценція.

Розрахунок інтенсивності світла, розсіяного на просторово незалежних флуктуаціях. Коефіцієнт розсіяння світла, коефіцієнт екстинкції. Врахування інтенсивності світла, розсіяного на флуктуаціях анізотропії. Фактор Кабанна. Критична опалесценція.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [7, 8]

Лекція 14. Явища переносу в газах. Загальне рівняння переносу. Зв'язок між коефіцієнтами переносу.

Середня довжина вільного пробігу в газах. Довжина вільного пробігу молекул в суміші газів. Явища переносу в газах. Загальне рівняння переносу. Зв'язок між коефіцієнтами переносу.

Лабораторна робота 7. Визначення в'язкості та довжини вільного пробігу молекул в газах.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1, 2, 3]

Лекція 15. В'язкість газів. Розрахунок коефіцієнта динамічної в'язкості для неполярних та полярних газів.

В'язкість газів. Розрахунок коефіцієнта динамічної в'язкості для неполярних та полярних газів. Залежність коефіцієнту динамічної в'язкості від тиску та температури. Визначення константи Сюзерленда з експериментів по дослідженню в'язкості. Використання теорії відповідних станів для визначення температурної залежності в'язкості газів при нормальному тиску. Експериментальні методи вимірювання в'язкості газів.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 3]

Лекція 16. Теплопровідність газів та газових сумішей. Розрахунок теплопровідності одноатомних та багатоатомних газів.

Теплопровідність в газах на основі молекулярно-кінетичної теорії. Залежність коефіцієнту теплопровідності від тиску та температури. Експериментальні методи визначення коефіцієнту теплопровідності в газах. Розрахунок теплопровідності одноатомних та багатоатомних газів. Визначення значень критерію Прандтля.

Лабораторна робота 8. Розрахунок в'язкості газових сумішей при низьких тисках.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1, 3]

Лекція 17. Дифузія в газах. Рівняння нестационарної дифузії та нестационарної теплопровідності в газах. Термодифузія в газах.

Дифузія в газах. Коефіцієнт самодифузії та взаємодифузії у випадку стаціонарної дифузії в газах. Рівняння нестационарної дифузії та нестационарної теплопровідності в газах. Час релаксації концентрації при нестационарній дифузії. Термодифузія в газах. Приклади її практичного використання.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 2, 4]

Лекція 18. Використання елементів термодинаміки необернених процесів до явищ переносу в газах. Коефіцієнти Онзагера.

Використання елементів термодинаміки необернених процесів до явищ переносу в газах. Коефіцієнти Онзагера. Приклади використання теорії Онзагера для явищ переносу в газах (термодифузія, електрокінетичні явища та ін.)

Лабораторна робота 9. Поправки до молекулярних величин, що визначаються з явищ переносу.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1, 3]

Матеріал, що винесений на самостійне вивчення

1. Розсіяння світла на флуктуаціях концентрації.
2. Розрахунок інтенсивності і коефіцієнта деполаризації світла в газах і парах.
3. Методи експериментального вимірювання коефіцієнта деполаризації.
4. Кінетичне рівняння Больцмана. Інтеграл зіткнень.
5. Парціальні величини в термодинаміці газових сумішей.
6. Фугітивність (летючість) газів. Аналітичний та графічні методи визначення фугітивності газів.
7. Розчинність речовин. Закон Рауля. Закон Генрі. Розчинність газів в газах.
8. Діаграми стану бінарних сумішей з врахуванням переходу рідина-газ.
- 9.

Контрольні запитання та завдання

1. Теорія розсіяння світла Релея для поляризованого та неполяризованого світла.
2. Проаналізувати індикатриси розсіяння. Коефіцієнт деполаризації.
3. Теорія розсіяння світла Мандельштама.
4. Розсіяння світла стиснутими газами і рідинами. Формула Ейнштейна-Смолуховського, формула Роккара.
5. Розрахунок інтенсивності світла, розсіяного на просторово незалежних флуктуаціях.
6. Коефіцієнт розсіяння світла, коефіцієнт екстинкції.
7. Врахування інтенсивності світла, розсіяного на флуктуаціях анізотропії. Фактор Кабанна.
8. Розсіяння світла на флуктуаціях концентрації.
9. Розрахунок інтенсивності і коефіцієнта деполаризації світла в газах і парах. Критична опалесценція.
10. Методи експериментального вимірювання коефіцієнта деполаризації.
11. Середня довжина вільного пробігу в газах.

12. Довжина вільного пробігу молекул в суміші газів.
13. Явища переносу в газах. Загальне рівняння переносу.
14. Залежність коефіцієнту динамічної в'язкості від тиску та температури.
15. Визначення константи Сюзерленда з експериментів по дослідженню в'язкості.
16. В'язкість газів. Використання теорії відповідних станів для визначення температурної залежності в'язкості газів при нормальному тиску.
17. Розрахунок коефіцієнта динамічної в'язкості для неполярних та полярних газів.
18. Розрахунок в'язкості газових сумішей при низьких тисках.
19. Експериментальні методи вимірювання в'язкості газів.
20. Теплопровідність в газах на основі молекулярно-кінетичної теорії. Залежність коефіцієнта теплопровідності від тиску та температури.
21. Експериментальні методи визначення коефіцієнту теплопровідності в газах.
22. Розрахунок теплопровідності одноатомних та багатоатомних газів.
23. Теплопровідність газових сумішей при низьких тисках.
24. Визначення значень критерію Прандтля.
25. Дифузія в газах. Коефіцієнт самодифузії та взаємодифузії у випадку стаціонарної дифузії в газах.
26. Рівняння нестаціонарної дифузії та нестаціонарної теплопровідності в газах.
27. Час релаксації концентрації при нестаціонарній дифузії.
28. Термодифузія в газах. Приклади її практичного використання.
29. Явища переносу в газах. Зв'язок між коефіцієнтами переносу.
30. Використання елементів термодинаміки необернених процесів до явищ переносу в газах. Коефіцієнти Онзагера.
31. Рівняння термоелектричних явищ. Ефект Зеебека. Ефект Пельтьє.
32. Приклади використання теорії Онзагера для явищ переносу в газах (термодифузія, електрокінетичні явища та ін.)

Питання на залік

Питання до заліку збігаються з контрольними питаннями і завданнями до I-го і II-го модулів.

Студент не допускається до складання заліку, не виконавши лабораторні роботи.

Рекомендована література

1. Гиршфельдер Дж., Кертіс Ч., Берд Р. Молекулярная теория газов и жидкостей. – М.: изд-во Ин. лит-ры, 1961. – 930 с.
2. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М., Молекулярна фізика.- Київ: Знання, 2006. – 567 с.
3. Рид З, Шервуд Т, Праусниц Дж. Свойства газов и жидкостей. – Ленинград: «Химия», 1982. – 592 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1988. – 568 с.
5. Майер Дж., Гипперт-Майер М. Статистическая механика. – М.: Мир, 1980. – 544 с.
6. Михайлов И.Г., Соловьев В.А., Срников Ю.П. Основы молекулярной акустики. – М.: Наука, 1964. – 288 с.
7. Вукс М.Ф. Рассеяние света в газах, жидкостях и растворах. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1977.-320 с.
8. Фабелинский И.Л. Молекулярное рассеяние света. - М.: Наука, 1965. - 512 с.