

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Радіофізичний факультет

Кафедра електрофізики

Лектори :

к. ф.-м. н., доцент Гойса С.М.

к. ф.-м. н., доцент Іщук Л.В.

Загальна фізика. Молекулярна фізика

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ
освітньо-професійної програми спеціальності 6.040204 "Прикладна фізика"

Затверджено
на засіданні
кафедри електрофізики
Протокол № _____
від « ____ » _____ року.

Завідувач кафедри

_____ С.М.Савенков

Затверджено
Вченою радою
радіофізичного факультету
Протокол № _____
від « ____ » _____ року

Декан

_____ І.О.Анісімов

ВСТУП

Дисципліна "Молекулярна фізика" є складовою частиною базової нормативної дисципліни "Загальний курс фізики" для спеціальності "радіофізика і електроніка", що вивчається в II семестрі в обсязі 7,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS), в тому числі 136 годин аудиторних занять, з них 51 година лекцій, 34 години практичних занять, 51 година лабораторних робіт, і 134 години самостійної роботи студентів (СРС), і закінчується іспитом у II-му семестрі.

Мета і завдання навчальної дисципліни "Молекулярна фізика"

Оволодіння студентами основними теоретичними положеннями та застосуваннями методів молекулярної фізики та статистичної фізики у фізиці та радіофізиці, сприяння розвитку їх логічного та аналітичного мислення.

Предмет навчальної дисципліни

"Молекулярна фізика" вивчає властивості речовин у різних агрегатних станах: в рідкому, твердому та газоподібному в зв'язку з будовою цих речовин і особливостями руху молекул в них.

Вимоги до знань та вмінь.

Знати: основні поняття молекулярної фізики.

Вміти: розв'язувати фізичні задачі, грамотно ставити експеримент та набути навичок самостійного використання і вивчення літератури з фізичних дисциплін.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності.

Нормативна навчальна дисципліна "Молекулярна фізика" є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр", є базовою для вивчення таких дисциплін як "Електрика і магнетизм", "Атомна фізика", "Статистична фізика", "Фізика твердого тіла".

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

Курс "Молекулярна фізика" складається з 3-х змістовних модулів (ЗМ-1 – ЗМ-3) у другому семестрі.

Навчальним планом на вивчення курсу відведено 7,5 кредитів (54 годин лекцій, 36 годин практичних занять, 54 годин лабораторних робіт і 144 годин СРС,) у другому семестрі.

Контроль знань студентів здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У другому семестрі передбачені:

1. 3 підсумкові модульні контрольні (ПМК-1, ПМК-2, ПМК-3);
2. 3 колоквиуми (ПМК-1, ПМК-2, ПМК-3);
3. комплексний підсумковий модуль-іспит (КПМ-І).

**ПІДСУМКОВА ОЦІНКА (ПО-І) РОЗРАХОВУЄТЬСЯ ЗА
НАКОПИЧУВАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ**

		Максимальна кількість балів			КПМ-І	ПО-І
		ЗМ-1	ЗМ-2	ЗМ-3		
Вагові коефіцієнти	Лекції	10 %	10 %	10 %	40%	100%
Оцінка в балах		10	10	10		
Вагові коефіцієнти	Семінарські заняття	10 %	10 %	10 %	40	100
Оцінка в балах		5 семінар 5 модульна к.р.	5 семінар 5 модульна к.р.	5 семінар 5 модульна к.р.		
Всього		20	20	20	40	100

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ

За 100-бальною системою	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS
90-100	відмінно - 5	A - відмінно
85-89	добре - 4	B - добре (дуже добре)
75-84		C - добре
65-74	задовільно - 3	D - задовільно
60-64		E - задовільно (достатньо)
35-59	незадовільно - 2	FX - незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	незадовільно - 2	F - незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисциплін

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З КУРСУ “МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА”

	Назва лекції	Кількість годин				
		лекції	практ. заняття	самост. робота	контр. модуль- на робота	ІНШІ форми контролю

Молекулярно кінетична теорія газів

1	Вступ. Основні положення кінетичної теорії газів.	2				
2	Розподіл Максвелла.	2	2			
3	Розподіл Максвелла.	2				
4	Розподіл молекул у полі сил. Флуктуації.	2	2			
5	Флуктуації.	2	2			
6	Зіткнення молекул газу.	2	2			
7	Явища переносу.	2	2			
8	Явища переносу. Фізичні явища у розріджених газах.	2	2			
9	Фізичні явища у розріджених газах. Основи вакуумної техніки.	2				

Термодинаміка

10	Перше начало термодинаміки.	2				
11	Перше начало термодинаміки.	2	2			
12	Перше начало термодинаміки.	2				
13	Друге начало термодинаміки.	2	2			
14	Друге начало термодинаміки.	2				
15	Друге начало термодинаміки.	2	2			
16	Третє начало термодинаміки. Термодинамічні потенціали.	2	2			
17	Термодинамічні потенціали.	2	2			

Реальні гази. Фізика рідин і твердих тіл.

18	Реальні гази.	2	2			
19	Рідини.	2	2			
20	Тверді тіла. Елементи симетрії кристалів.	2	2			
21	Тверді тіла. Дефекти.	2				
22	Тверді тіла. Теплоємність.	2	2			
23	Фазові перетворення.	2	2			
24	Фазові перетворення.	2	2			
25	Розчини	3				
	ВСЬОГО	51	34	134	6	6

ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З КУРСУ “МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА”

№	Назва роботи	Кількість годин
1	Визначення деяких газових характеристик за допомогою ультразвукового зондування	3
2	Визначення коефіцієнту теплопровідності повітря	3
3	Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя повітря капілярним методом	3
4	Техніка отримання і вимірювання вакууму	3
5	Визначення коефіцієнту поверхневого натягу рідин методом капілярно-гравітаційних хвиль	3
6	Визначення сталої кристлічної ґратки	3
7	Перевірка основних газових законів	3
8	Визначення коефіцієнту внутрішнього тертя рідин	3
9	Розподіл Максвелла	3
10	Визначення коефіцієнту теплопровідності металів	3
11	Дослідження теплового розширення твердих тіл	3
12	Ефект Джоуля-Томсона	3
13	Визначення густини рідин	3
	Залік з лабораторного практикуму	12
	Всього	51

РОЗПОДІЛ МАТЕРІАЛУ ЗА ЗМІСТОВНИМИ МОДУЛЯМИ

Тема за №№ лекцій	ЗМ
1-9	1
10-16	2
17-25	3
1-25	КПМ-I

ТЕМАТИЧНО-ЗМІСТОВНА ЧАСТИНА КУРСУ

Лекція 1. - 2 год.

Предмет молекулярної фізики. Основні положення молекулярної фізики їх експериментальне обґрунтування. Методи молекулярної фізики. Ергодична гіпотеза. Кінетична теорія газів.

Лекція 2. - 2 год.

Середня енергія поступального руху молекул двох газів. Закон розподілу молекул за швидкостями Максвелла. Розрахунки середніх величин. Експериментальна перевірка розподілу Максвелла.

Лекція 3. - 2 год.

Потік газових молекул на стінку. Закон косинусу. Досліди Кнудсена.

Лекція 4. - 2 год.

Газ у полі сил. Закон Больцмана. Досліди Перрена по визначенню числа Авогадро. Броунівський рух. Теорія Смолуховського – Ейнштейна. Флуктуації.

Лекція 5. - 2 год.

Основні характеристики флуктуацій. Флуктуації адитивної величини. Біноміальний розподіл. Розподіли Гаусса і Пуассона.

Лекція 6. - 2 год.

Зіткнення молекул. Середня довжина вільного пробігу та переріз зіткнень. Їх залежність від температури. Рух молекулярного пучка в газах.

Лекція 7 – 2 год.

Явища переносу. Основне рівняння явищ переносу. Самодифузія і взаємна дифузія. В'язкість газів та теплопровідність. Залежність коефіцієнтів переносу від тиску і температури.

Лекція 8 .-2 год.

Нестационарні явища переносу, Явища в розріджених газах. Теплова і ізотермічна ефузія. Теплове ковзання. Радіометричний ефект. В'язкість, теплові та радіометричні манометри.

Лекція 9 .-2 год.

Елементи фізики та техніки вакууму. Поняття вакууму. Основне рівняння вакуумної техніки. Динаміка процесу відкачки. Засоби вимірювання вакууму. Іонізаційні, магніто розрядні та компресійні манометри. Засоби відкачки: молекулярні насоси (дифузійний, турбомолекулярний), іонні насоси, сорбційні насоси. Орбітронний та магніторозрядний насоси. Течії газів по трубопроводах. Формули Пуазейля і Кнудсена.

Практичне заняття 1. - 2 год.

Вступ. Закони ідеального газу.

Практичне заняття 2. - 2 год.

Розподіл Максвелла. Визначення середніх значень величин.

Практичне заняття 3., - 2 год.

Розподіл Максвелла-Больцмана.

Практичне заняття 4. - 2 год.

Флуктуації

Практичні заняття 5,6. - 4 год

Явища переносу

Лекція 10 .-2 год.

Основи термодинаміки. Методи термодинаміки. Квазістатичні процеси. Формулювання першого принципу термодинаміки для адіабатично ізольованої системи. Внутрішня енергія. Кількісне формулювання першого начала термодинаміки. Теплоємність.

Лекція 11 .-2 год.

Внутрішня енергія та теплоємність ідеального газу. Дослід Джоуля-Томпсона по визначенню залежності внутрішньої енергії газів від об'єму. Рівняння Майєра. Адіабатичні та політропічні процеси.

Лекція 12 .-2 год.

Класична теорія теплоємності ідеальних газів. Теорема про рівномірний розподіл енергії по ступеням вільності. Недоліки класичної теорії теплоємності газів. Елементи квантової теорії теплоємності.

Лекція 13 .-2 год.

Друге начало термодинаміки. Формулювання Клаузіуса та Планка-Томпсона, їх еквівалентність. Оборотні і необоротні процеси. Цикл Карно, Теорема Карно. Термодинамічна шкала температур.

Лекція 14. -2 год.

Нерівність і рівність Клаузіуса. Поняття про ентропію. Закон зростання ентропії. Приклади розрахунків зміни ентропії при необоротних процесах.

Лекція 15. -2 год.

Статичний характер другого начала термодинаміки. Ентропія і імовірність. Розподіл Больцмана як найбільш імовірний

Лекція 16. -2 год.

Елементи теорії квантових статистик. Третє начало термодинаміки. Наслідки третього начала термодинаміки.

Лекція 17. -2 год.

Термодинамічні потенціали. Їх фізичний зміст. Рівняння Максвелла та Гіббса-Гельмгольца.

Практичне заняття 7. - 2 год.

Перше начало термодинаміки.

Практичне заняття 8. - 2 год.

Теплоємність

Практичні заняття 9., - 2 год.

Друге начало термодинаміки. Цикли.

Практичне заняття 10. - 2 год.

Друге начало термодинаміки. Ентропія.

Практичне заняття 11. - 2 год.

Термодинамічні потенціали

Лекція 18. -2 год.

Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Критична точка, критичні параметри. Ефект Джоуля-Томпсона. Методи отримання низьких температур та зрідження газів.

Лекція 19. -2 год.

Елементи теорії рідин. Молекулярний рух в рідинах. Явища переносу в рідинах. Поверхневий натяг. Фазові рівноваги і перетворення в системі рідина-газ.Кипіння.

Лекція 20. -2 год.

Елементи теорії твердого тіла. Елементи симетрії. Індеси Міллера. Класифікація кристалів за типом зв'язків у кристалічній ґратці.

Лекція 21. -2 год.

Реальні кристали. Дефекти кристалічної ґратки. Залежність кількості дефектів за Шотткі і за Френкелем від температури. Дислокації.

Лекція 22. -2 год.

Рост кристалів. Класична теорія теплоємності кристалів. Квантові теорії теплоємності кристалів.

Лекція 23. -2 год.

Фази і фазові перетворення. Умова рівноваги фаз. Потрійні точки.

Лекція 24. -2 год.

Діаграми стану. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Метастабільні стани.

Лекція 25. -3 год.

Розчини. Закон Рауля. Осмос. Правило фаз. Діаграми стану бінарних сумішей.

Література [1-9].

Практичне заняття 12. - 2 год.

Рівняння газу Ван-дер-Ваальса.

Практичне заняття 13. - 2 год.

Поверхневий натяг. Капілярні явища

Практичне заняття 14. - 2 год.

Індекси Міллера

Практичне заняття 15. - 2 год.

Теплоємність твердих тіл.

Практичні заняття 16,17. - 4 год.

Фазові перетворення

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

1. Постійними завданнями для самостійної роботи є:

- робота над лекційним матеріалом з конспектом;
- підготовка до семінарських занять;
- виконання домашніх завдань;
- опрацювання частини лекційного матеріалу, винесеного на самостійне вивчення.

2. Перелік питань змістовних модулів, винесених на самостійну роботу

ЗМ-1

1. Закони ідеального газу
2. Експериментальні методи визначення розподілу молекул за швидкостями.
3. Досліди Перрена по визначенню числа Авогадро.
4. Термічна дифузія.
5. Пропускна здатність трубопроводів. Формули Пуазейля і Кнудсена.
6. Експериментальне визначення коефіцієнтів переносу
7. Застосування термодифузії для розділення ізотопів

ЗМ-2

1. Методи отримання низьких температур. Машини Клода та Лінде.
2. Рівняння адіабатного процесу. Робота при адіабатному процесі.
3. Рівняння політропного процесу. Робота при політропному процесі.
4. Системи із змінною кількістю частинок. Хімічний потенціал

КПМ-1

1. Зведене рівняння Ван-дер-Ваальса.
2. Методи визначення критичних параметрів
3. Зрідження газів і методи одержання низьких температур
4. Змочування та незмочування рідин.
5. Капілярно-гравітаційні хвилі
6. Закон Рауля. Осмос.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ОСНОВНА:

1. Сивухин Д.В., Общий курс физики. т.2. М., 1975
2. Матвеев Л.Н., Молекулярная физика. М., 1981.
3. Кикоин А.К., Кикоин И.К., Молекулярная физика. М., 1976.
4. Рейф Ф., Статистическая физика. М., 1977.
5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М., 1988.

ДОДАТКОВА:

6. Шиманський Ю.І., Шиманська О.Т. Молекулярна фізика, К., 2007
7. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М. Молекулярна фізика, К., 2006
8. Клим М.М., Якібчук П.М. Молекулярна фізика. Львів, 2003
9. Киттель Ч., Статистическая термодинамика. М., 1977
10. Радченко В.И., Молекулярная физика. К., 1973.
11. Короновський В.Є., Харченко Н.П., Шека Д.І., Іщук Л.В., Молекулярна фізика в задачах. К., 2005
12. Киттель Ч., Введение в физику твердого тела. М., 1978.
13. Розанов Л.Н., Вакуумная техника. М., 1982.
14. Королев Б.И., Основы вакуумной техники. М., 1958

Типові питання до колоквиуму №1

1. Ергодична гіпотеза.
2. Тиск газу з точки зору молекулярно-кінетичної теорії. Основне рівняння кінетичної теорії ідеального газу. Зв'язок між тиском газу та середньою кінетичною енергією газових молекул.
3. Рівність середніх кінетичних енергій молекул газу при взаємодії двох газів із непроникнутою стінкою.
4. Розподіл газових молекул за проекціями (напрямками) швидкостей.
5. Розподіл молекул за абсолютними значеннями швидкості Функція розподілу Максвелла.
6. Дослід Штерна. Визначення швидкостей молекул у досліді Штерна.
7. Дослід Штерна-Істермана-Сімпсона по перевірці закону розподілу молекул за швидкостями Максвелла.
8. Потік газових молекул на стінку. Закон косинусу.
9. Експериментальна перевірка закону косинусу потоку газових молекул на стінку.
10. Розподіл молекул у полі сил. Формула Больцмана. Барометрична формула. Дослід Перрена по визначенню числа Авогадро.
11. Об'єднана формула Максвелла-Больцмана розподілу молекул за швидкостями та у полі сил. Отримати з неї розподіл Максвелла і розподіл Больцмана.
12. Флуктуації. Міра флуктуації. Адитивність дисперсії.
13. Біноміальний розподіл.
14. Розподіли Гаусса і Пуассона як частинні випадки біноміального розподілу.
15. Броунівський рух. Теорія Ейнштейна-Смолуховського. Дослід Перрена по визначенню числа Авогадро.
16. Обертальний броунівський рух.
17. Середня довжина вільного пробігу молекул. її залежність від тиску і температури.
18. Молекулярні пучки. Зміна кількості молекул у пучці внаслідок зіткнень з молекулами газу. Дослід Борна і Бормана по визначенню довжини вільного

пробігу.

19. Загальне рівняння для явищ переносу.
20. В'язкість (внутрішнє тертя). Коефіцієнт в'язкості, його залежність від тиску, температури. Методи визначення коефіцієнту в'язкості В'язкісний манометр.
21. Теплопровідність газів. Коефіцієнт теплопровідності, його залежність від тиску і температури. Методи визначення коефіцієнту теплопровідності. Тепловий манометр.
22. Самодифузія. Коефіцієнт самодифузії, його залежність від тиску і температури. Методи визначення коефіцієнту дифузії.
23. Взаємна дифузія газів.
24. Термодифузія. Застосування термодифузії для розділення ізотопів.
25. Термічна ефузія та ізотермічна ефузія.
26. Теплове ковзання. Радіометричний ефект. Радіометричний манометр.
27. Основне рівняння вакуумної техніки. Зміна тиску у відкачуваному об'ємі з часом із урахуванням натікання.
28. В'язкісний (ламінальний) режим течі газів у трубопроводі. Формула Пуазейля.
29. Молекулярний режим течі. Формули Кнудсена для труби і! діафрагми.
30. Форвакуумні насоси.
31. Дифузійний (пароструйний) насос. Багатоступінчасті дифузійні насоси.
32. Адсорбційні насоси.
33. Орбітронний і магніторозрядний насоси.
34. Молекулярний і турбомолекулярний насоси.
35. Абсолютні манометри.
36. Іонізаційний манометр. Манометри Байярда-Альперта і Лафферті.

Типові питання до колоквиуму №2

1. Кількісне формулювання першого начала термодинаміки. Застосування кількісного формулювання першого начала термодинаміки до ізо-процесів у ідеальному газі. Означення ентальпії.
2. Загальне рівняння для теплоємності.
3. Дослід Джоуля і Томсона по визначенню залежності внутрішньої енергії газів від об'єму. Внутрішня енергія та теплоємність ідеального газу. Рівняння Роберта Майера.
4. Рівняння адіабатного процесу. Робота при адіабатному процесі.
5. Рівняння політропного процесу. Робота при політропному процесі.
6. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності для поступального руху.
7. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності для обертального руху.
8. Недоліки класичної теорії теплоємності газів. Якісне пояснення температурної залежності теплоємності газів на підставі квантових уявлень
9. Формула Планка для середньої енергії системи осциляторів. Теплоємність газів на підставі квантових уявлень.
10. Середня енергія, яка припадає на ступінь вільності обертального руху. Теплоємність газів (на підставі квантових уявлень).
11. Формулювання другого начала термодинаміки за Клаузіусом та за Томсоном і Планком, їх еквівалентність.
12. Цикл Карно і його к.к.д. Теорема Карно.
13. Абсолютна термодинамічна шкала температур. Тотожність термодинамічної шкали температур зі шкалою ідеально-газового термометра.
14. Метод циклів. Його використання для знаходження залежності внутрішньої енергії ідеального газу від температури та різниці $C_p - C_v$
15. Кількісне формулювання другого начала термодинаміки. Нерівність Клаузіуса.
16. Ентропія. Ентропія моля ідеального газу. Ізоентропійність адіабатного процесу. Ентропійна

діаграма.

17. Закон зростання ентропії. Його застосування до процесів теплопередачі, розширення ідеального газу у вакуум та дифузії.
18. Межі застосування другого начала термодинаміки. Зменшення здатності виконувати роботу у адіабатно ізольованій системі. Теплова смерть Всесвіту.
19. Співвідношення між ентропією та імовірністю. формула Больцмана.
20. Поняття про мікро - та макростан системи. Статистична вага.
21. Стан рівноваги як найбільш імовірний. Розподіл Больцмана.
22. Теорема Нернста. Формулювання постулату третього начала термодинаміки. Наслідки із третього начала термодинаміки.
23. Метод термодинамічних потенціалів. Внутрішня енергія як термодинамічний потенціал. Співвідношення Максвелла.
24. Метод термодинамічних потенціалів. Вільна енергія як термодинамічний потенціал. Співвідношення Максвелла \ рівняння Гіббса-Гельмгольца.
25. Метод термодинамічних потенціалів. Ентальпія як термодинамічний потенціал. Співвідношення Максвелла і рівняння Гіббса-Гельмгольца.

Типові питання до КПМ-І

1. Рівняння Ван-дер-Ваальса, ізотерми Ван-дер-Ваальса. Взаємні перетворення пари та рідини.
2. Критичний стан. Критичні параметри. Методи визначення критичних параметрів. Зведене рівняння Ван-дер-Ваальса.
3. Внутрішня енергія газу Ван-дер-Ваальса.
4. Ефект Джоуля-Томсона для газу Ван-дер-Ваальса. Температура інверсії.
5. Зрідження газів і методи одержання низьких температур (Джоуля-Томсона, адіабатного розширення, адіабатного розмагнічування). Довести більш високу ефективність машини Клода у порівнянні із машиною Лінде.
6. Молекулярний рух в рідинах. Залежність коефіцієнтів в'язкості і дифузії рідин від температури.
7. Гравітаційно-капілярні хвилі. Залежність довжини хвиль від частоти.
8. Залежність температури кипіння рідин від тиску.
9. Явища конденсації на ядрах.
10. Елементи симетрії кристалів. Просторові ґратки.
11. Індокси Міллера.
12. Типи зв'язків в кристалах.
13. Залежність кількості дефектів за Шоттки і за Френкелем від температури.
14. Класична теорія теплоємності кристалів. Квантові теорії теплоємності.
15. Фазові перетворення. Умова рівноваги фаз.
16. Закон Рауля. Осмос.

Типове завдання модульної контрольної роботи №1

1. Визначити, яка частина молекул газу, що зіткнулись зі стінкою посудини, має енергію більшу за E .
2. Знайти середню потенціальну енергію молекул газу в земній атмосфері, вважаючи атмосферу ізотермічною, а силу тяжіння – постійною.
3. Оцінити усталену швидкість V , з якою буде рухатись в розрідженому повітрі плоский диск, одна сторона якого має температуру 300К, а інша – 400К. Температура повітря 270К.
4. Визначити витрату маси газу Q при стаціонарній ізотермічній Пуазейлівській течії вздовж

ціліндричної труби довжини L та діаметру D , на кінцях якої підтримуються тиски P_1 і P_2 .

Типове завдання модульної контрольної роботи №2

1. Показати, що для будь якої однорідної речовини політропа може перетинати ізотерму не більше, ніж в одній точці.
2. Яку максимальну роботу можна отримати із системи двох тіл, нагрітих до різних температур T_1 і T_2 , якщо теплоємності тіл C_1 і C_2 не залежать від температури?
3. Знайти рівняння процесу в координатах (T, V) , який відбувається в ідеальному газі, для якого $C = aT$.
4. Ідеальний газ виконує цикл, який складається із ізотерми, на якій температура газу максимальна, ізохори та адіабати. Температура у циклі змінюється у n разів. Знайти к.к.д. цикл.

Типові завдання до КІМ-І

1. Порівняти, як зміниться кількість дефектів за Шотткі і за Френкелем при збільшенні температури від 300K до 1000K . Енергія активації дефектів обох типів дорівнює 1eV .
2. Знайти зв'язок міжплощиною відстані d із індексами Міллера (hkl) , що визначають задане сімейство атомних площин.
3. В посудині з повітрям при тискові P_1 знаходиться мильна бульбашка діаметром d . Тиск повітря ізотермічно знизився в n разів, діаметр бульбашки виріс в α разів. Знайти коефіцієнт поверхневого натягу.
4. Визначити тиск насиченої водяної пари при температурі $374,2\text{K}$, вважаючи її ідеальним газом.

Вікладачі

С.М.Гойса

Л.В.Іщук

Завідувач кафедрою
електрофізики

С.М.Савенков