

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

В. О. Воронов _____

«1» березня 2021 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з навчальної роботи

Мельниченко А. А. _____

«1» березня 2021 р.

ДОДАТОК ДО ПРОГРАМИ
ВСТУПНОГО ІСПИТУ

для здобуття наукового ступеня доктор філософії
за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали

РОЗРОБНИКИ:

Воронов Сергій Олександрович, професор, д. т. н., завідувач
кафедри прикладної фізики

(підпис)

Монастирський Геннадій Євгенович, доцент,
к. ф.-м. н., доцент кафедри прикладної фізики

(підпис)

Іванова Віта Вікторівна, доцент, к. т. н., доцент
кафедри прикладної фізики

(підпис)

Філін Дмитро Віталійович, к. ф.-м. н., доцент
кафедри прикладної фізики

(підпис)

Халатов Артем Артемович, професор, д. т. н., академік НАН
України, завідувач кафедри фізики енергетичних систем

(підпис)

Пономаренко Сергій Миколайович, доцент, к. ф.-м. н., доцент
кафедри фізики енергетичних систем

(підпис)

I. Питання для вступників, які орієнтуються на блок «Високі фізичні технології»

Розділ I. Фізичне матеріалознавство

1. **Основи матеріалознавства: класифікація матеріалів за структурою, властивостями, характеристиками, методами отримання та застосуванням.** Сталі і сплави на основі заліза. Напівпровідники, діелектрики. Кераміки та скло. Перспективні, наукомісткі та високотехнологічні матеріали: аморфні матеріали, розумні матеріали, біоматеріали, наноматеріали, магнітні матеріали, електронні матеріали, оптичні матеріали.
2. **Локальні методи досліджень матеріалів.** Оптична та електронна мікроскопія. Рентгенівська спектрометрія з дисперсією по енергіям та довжинам хвиль. Оже-електронна спектрометрія. Трансмісійна електронна мікроскопія, дифракція електронів. Іонна мікроскопія. Тунельна мікроскопія
3. **Методи дослідження структури матеріалів.** Рентгеноструктурний аналіз, нейтронографія, електроннографія
4. **Спектральні методи досліджень матеріалів.** Атомно-емісійна та атомно-абсорбційна спектроскопія. Рентгенофлуоресцентний аналіз. Мас-спектрометрія. Рамановська спектроскопія. М'юсбауеровська спектроскопія.
5. **Методи дослідження фізичних характеристик матеріалів.** Магнітні методи дослідження електричних та магнітних властивостей речовини. Термічний аналіз. Скануюча диференціальна калориметрія. Гравітометричний аналіз. Тестування на стиснення, розрив, руйнування, твердість, мікротвердість, ударну в'язкість, повзучість.
6. **Будова монокристалів, полікристалів.** Інші структури. Аморфні матеріали. Рідинні кристали. Впорядкування. Типи надструктур. Квазикристали. «Заборонені» осі симетрії. Структури квазикристалів.
7. **Точкові дефекти у твердих тілах.** Спотворення ґратки навколо точкових дефектів. Термодинаміка точкових дефектів. Міграція вакансій. Міграція міжвузлових атомів. Міграція домішкових атомів. Методи визначення концентрації вакансій. Енергія утворення та міграції вакансій. Рівноважна концентрація вакансій та енергія їх утворення. Енергії активації та міграції вакансій
8. **Лінійні дефекти у твердих тілах.** Дислокації. Крайова дислокація. Ковзання крайової дислокації. Переміщення крайової дислокації. Гвинтова дислокація. Ковзання гвинтової дислокації. Вектор Бюргерса. Густина дислокацій. Енергія дислокації
9. **Двовимірні або планарні дефекти.** Великокутові та малокутові границі зерен. Двійники. Механічні двійники, та двійники перетворення. Нанодвійники. Дефекти пакування.
10. **Пластична деформація і руйнування матеріалів.** Деформація ковзанням. Деформація двійникуванням. Деформаційне зміцнення. Стадії деформації та субструктурне зміцнення. Руйнування
11. **Дифузія в твердих тілах.** Закони дифузії. Самодифузія. Механізми дифузії. Температурна залежність коефіцієнта дифузії. Дифузія по дефектах будови матеріалу,

- дислокаціях і межах зерен. Ефект Киркендалла. Реакційна дифузія. Зерногранична і поверхнева дифузії. Висхідна дифузія
12. **Основні положення хімічної термодинаміки.** Фазові рівноваги у багатокомпонентних системах. Термодинамічні потенціали. Хімічний потенціал. Класифікація розчинів. Парціальні молярні величини. Функції змішування. Умови фазової та хімічної рівноваги.
 13. **Діаграми стану.** Діаграми стану однокомпонентних систем: C, Si, Ge, Sn, Fe, SiO₂. Безперервний ряд твердих розчинів. Діаграми типу «сигара». Діаграми стану систем Ge–Si, A₃B₅–A₃B₅, A₂B₆–A₂B₆. Евтектика за відсутності розчинності у твердому стані. Евтектика з обмеженою розчинністю. Перитектика. Система з куполом розпаду. Система із проміжною фазою
 14. **Основи теорії кристалізації.** Термодинамічні процеси під час кристалізації. Гомогенне та гетерогенне утворення центрів кристалізації. Робота утворення критичного зародка. Залежність швидкості утворення та швидкості росту центрів кристалізації від переохолодження. Концентраційне переохолодження. Ліквіаційна мікронеоднорідність. Концентраційні неоднорідності при дендритній кристалізації. Механізми та кінетика росту кристалів. Методи отримання монокристалів
 15. **Фазові перетворення в твердих тілах.** Фазові переходи першого та другого роду. Параметр порядку. Теорія Гінзбурга-Ландау
 16. **Фазові перетворення, контрольовані дифузією.** Термодинаміка та кінетика перетворення. Впорядкування. Старіння. Розпад пересиченого твердого розчину. Спін-одальний розпад. Безперервний та переривчастий розпад. Термодинаміка утворення проміжних фаз. Структурні зміни при старінні (кластери, зони Гіньє-Престона, проміжні метастабільні фази, модульовані структури). Когерентні, частково когерентні та некогерентні виділення.
 17. **Бездифузійні фазові перетворення.** Мартенситні перетворення. Кристалографія мартенситних перетворень. Мікроструктура мартенситу. Термодинаміка мартенситних перетворень. Передмартенситні явища.
 18. **Бездифузійні фазові перетворення.** Фазові переходи типу зміщення. Сегнетоелектричні й антисегнетоелектричні фазові переходи. Сегнетоеластичні фазові переходи
 19. **Магнітні фазові переходи.** Температурна залежність намагніченості. Теплоємність магнетиків. Доменна структура магнетиків. Магнітний гістерезис і крива намагнічення феромагнетика. Магнітострикція. Гігантська магнітострикція. Магнітокалоричний ефект.
 20. **Фізичні основи поляризації діелектриків і електромеханічний зв'язок.** Тензор діелектричної проникненості. Механізми електричної поляризації. Діелектричні втрати. П'єзоелектричний ефект та електрострикція. Механізми електромеханічного зв'язку. Піроелектрики та електрети. Модель піроелектричного ефекту. Термодинамічний опис піроефекту.
 21. **Сегнетоелектрики і їх нелінійні властивості.** Термодинамічна теорія сегнетоелектричних фазових переходів першого роду.
 22. **Класифікація напівпровідникових матеріалів.** Моноелементні напівпровідники. Напівпровідникові хімічні сполуки. Сполуки типу A^{III}B^V, A^{III}B^{VI}, S^{IV}B^{VI}. Аморфні напівпровідникові матеріали. Органічні напівпровідники.

23. **Механічні властивості матеріалів.** Механічні властивості кристалів і текстур. Тензори механічних напружень. Тензор механічних деформацій. Анізотропія механічних властивостей. Теоретична міцність матеріалів. Фактори, що впливають на міцність і пластичність матеріалів. Закон Холла-Петча
24. **Сталі та сплави з особливими фізичними властивостями.** Інвари. Сплави із сталим модулем пружності. Ковари. Магнітнотверді та магнітом'які сплави. Жаростійкі сплави. Надтверді сплави. Суперсплави. Сплави із пам'яттю форми
25. **Вуглецеві матеріали.** Алотропні форми вуглецю. Графен. Фулерени. Фулерити і фулериди. Вуглецеві нанотрубки.
26. **Рідкі кристали.** Класифікація. Електричні та електрооптичні характеристики рідких кристалів.
27. **Квантоворозмірні структури і ефекти.** Квантові ями. Квантові нитки. Квантові точки. Потенціальні ями, бар'єри і тунелювання. Одноелектронне тунелювання і кулонівська блокада. Резонансне тунелювання.
28. **Аморфні метали і напівпровідники.** Механічні, корозійні, електричні і магнітні властивості аморфних матеріалів. Склеювання (твердіння розплаву). Аморфізація. Методи отримання аморфних металів. Девітріфікація. Аморфні метали. Аморфні напівпровідники. Пористий кремній
29. **Традиційні методи отримання і формування структури матеріалу.** Індукційна, дугова плавка. Зонна очистка. Термомеханічна обробка. Гартування. Відпал. Прокат.
30. **Методи порошкової металургії.** Спікання. Спікання під тиском. Спікання за участю електромагнітних полів. Високотемпературний самопоширювальний синтез.
31. **Методи отримання порошків та нанопорошків.** Газовий синтез (конденсація пари). Плазмохімічний синтез. Осадження із колоїдних розчинів. Термічне розкладання і відновлення. Механосинтез. Електровибух.
32. **Отримання компактних нанокристалічних матеріалів.** Пресування із обертанням. Осадження на підкладку. Магнітронне розпилення. Інтенсивна пластична деформація. Гартування із розплаву.
33. **Епітаксіальні методи одержання наноструктур.**

Література

Основна

1. Якименко Ю. І., Воронов С. А., Поплавко Ю. М. Фізичне матеріалознавство. Частина 1. Перспективні напрямки матеріалознавства: Навчальний посібник. — К.: НТУУ «КПІ», 2011. — 302 с.
2. Фізичне матеріалознавство. Частина 2. Діелектрики: Навчальний посібник / Ю. М. Поплавко, Л. П. Переверзєва, С. А. Воронов, Ю. І. Якименко. — К.: НТУУ «КПІ», 2007. — 392 с.
3. Поплавко Ю. М., Воронов С. А., Якименко Ю. І. Фізичне матеріалознавство. Частина 3. Провідники та магнетики: Навчальний посібник. — К.: НТУУ «КПІ», 2011. — 372 с.
4. Фізичне матеріалознавство. Частина 4. Напівпровідники: Навчальний посібник / Ю. М. Поплавко, В. І. Ільченко, С. А. Воронов, Ю. І. Якименко. — К.: НТУУ «КПІ», 2010. — 352 с.

5. *Кшнякін В. С., Опанасюк А. С., Дядюра К. О.* Основи фізичного матеріалознавства : Навчальний посібник : у 2 ч. Частина 1. — Суми.: Сумський державний університет, 2015. — 329 с.
6. *Кшнякін В. С., Опанасюк А. С., Дядюра К. О.* Основи фізичного матеріалознавства : Навчальний посібник : у 2 ч. Частина 2. — Суми.: Сумський державний університет, 2015. — 291 с.

Додаткова

7. Физическое металловедение : Атомное строение металлов и сплавов : в 3 т. Т. 1 / под ред. Р. У. Кан, П. Хаазен. — М. : Металлургия, 1987. — 640 с.
 8. Физическое металловедение : Фазовые превращения в металлах и сплавах и сплавы с особыми физическими свойствами : в 3 т. Т. 2 / под ред. Р. У. Кан, П. Хаазен. — М. : Металлургия, 1987. — 624 с.
 9. Физическое металловедение : Физико-механические свойства металлов и сплавов : в 3 т. Т. 3 / под ред. Р. У. Кан, П. Хаазен. — М. : Металлургия, 1987. — 663 с.
-

Розділ II. Фізика твердого тіла

1. **Структура і симетрія твердих тіл.** Ближній і дальній порядки. Щільні шарові пакування. Трансляційна симетрія. Елементарна комірка. Решітки Браве. Індеси Мілера. Точкові і просторові групи. Обернена ґратка.
2. **Типи кристалічних структур.** Кристалічна структури металів, іонних кристалів, молекулярних кристалів, ковалентних кристалів. Інтерметаліди. Електронні фази.
3. **Міжатомні сили і енергія зв'язків.** Сили Ван-дер-Ваальса. Гомополярні зв'язки. Ковалентний зв'язок. Металічний зв'язок. Гетерополярний та іонний зв'язки. Водневий зв'язок. Енергія зв'язку
4. **Дослідження кристалічних структур за допомогою дифракції рентгенівського випромінювання.** Дифракційні умови за Бреггом та Лауе. Експериментальні методи засновані на умові Лауе. Дифракція на моно атомній ґратці з базисом, геометричний структурний фактор.
5. **Методи розрахунку зонної структури кристалів.** Метод комірок. Метод приєднаних плоских хвиль (ППХ). Метод ґринівських функцій Коррінґі, Кона та Ростокера (ККР). Метод ортогоналізованих плоских хвиль (ОПХ). Метод псевдопотенціалу.
6. **Напівкласична модель динаміки електронів в кристалі.** Електрони та дірки. Електрони в сталому електричному та сталому магнітному полі.
7. **Опис енергетичного стану кристалів за допомогою газу квазічастинок.** Електрони як квазічастинки. Квазіімпульс. Закон дисперсії. Теорема Блоха. Граничні умови. Густина станів. Статистика газу квазічастинок. Бозони та ферміони. Фоони, магнони, екситони, плазмони.
8. **Коливання кристалічної решітки.** Акустична та оптична гілки коливань. Теплоємність ґратка, Дебайвська частота.

9. **Напівкласична теорія провідності в кристалах.** Наближення часу релаксації. Нерівноважна функція розподілу. Статична електропровідність. Електронна теплопровідність.
10. **Експериментальні методи визначення поверхні Фермі.** Ефект де Гааза-Ван Альфена. Методи засновані на ефекті де Гааза-Ван Альфена, магнітоакустичному ефекті, затуханні ультразвуку, аномальному скін-ефекті, циклотронному резонансі та розмірних ефектах.
11. **Класична теорія гармонічного кристалу.** Гармонічне та адіабатичне наближення. Закон Дюлонга та Пті. Нормальні моди одновимірної ґратки, тривимірної ґратки. Акустичні та оптичні моди коливань в кристалі.
12. **Квантова теорія гармонічного кристалу.** Нормальні моди та фоони. Теплоємність за високих та низьких температур. Моделі Дебая та Ейнштейна для розрахунку теплоємності при проміжних температурах.
13. **Експериментальні методи визначення фононного спектру.** Розсіяння нейтронів та електромагнітного випромінювання для визначення фононного спектру.
14. **Ангармонічні ефекти у кристалах.** Рівняння стану та теплове розширення кристалу. Параметр Грюнайзена. Теплопровідність ґратки, елементарна кінетична теорія.
15. **Діелектричні властивості ізоляторів.** Теорія локального поля. Співвідношення Клаузіуса-Моссотті. Атомна поляризуємість та поляризуємість зміщення. Застосування теорії поляризуємість для випадку довгохвильових оптичних мод іонних кристалів
16. **Теорія теплоємності Дебая.** Електронна теплоємність металів. Анаргонізм кристалів. Теплове розширення кристалів. Параметер Грюнайзена.
17. **Кінетичні явища.** Електропровідність твердих тіл. Рухливість носіїв заряду. Температурна та частотна залежність провідності. Розсіяння електронів на дефектах структури. Ефект Кондо. Магнітоопір. Гігантський магнітоопір. Основні особливості електропровідності діелектриків. Термоелектричні ефекти. Гальваномагнітні ефекти.
18. **Теплопровідність в твердих тілах.** Механізми теплопровідності в металах, напівпровідниках, діелектриках. Закон Відемана-Франца. Температурна залежність електропровідності.
19. **Магнітні матеріали і їх властивості.** Магнітно-невпорядковані речовини. Парамагнетики, Діамагнетики. Парамагнетизм Паулі.
20. **Магнітні матеріали і їх властивості.** Магнітний порядок. Феромагнетики. Антиферомагнетики. Ферімагнетики. Фізична природа магнітного порядку. Обмінна взаємодія. Магнітна анізотропія.

Література

Основна

1. *Ашкрофт Н., Мермин Н.* Физика твердого тела : в 2 т. Т. 1. — М. : Мир, 1979. — 406 с.
2. *Ашкрофт Н., Мермин Н.* Физика твердого тела : в 2 т. Т. 2. — М. : Мир, 1979. — 429 с.
3. *Киттель Ч.* Введение в физику твердого тела. — М.: Наука, 1978.

Додаткова

5. Левич В. Г. Введение в статистическую физику. — 2-е вид. — М. : ГИТТЛ, 1954. — 530 с.
 6. Кубо Р. Статистическая механика. — М. Мир, 1967.
-

Розділ III. Квантова та оптична електроніка

1. **Температура як характеристика стану речовини.** Принцип та формула Больцмана. Формула Планка. Рівноважний стан квантових систем, населеність енергетичних рівнів. Спонтанні та вимушені переходи, ймовірність переходів. Співвідношення Ейнштейна. Дозволені та заборонені переходи.
2. **Квантове підсилення та поглинання.** Умови лазерної генерації. Оптичні резонатори. Типи мод. Умова стійкості резонатора. Ширина лінії генерації. Кінетичні рівняння лазерної системи. Дво- та трирівневі системи.
3. **Динаміка генерації лазера.** Рівняння опису роботи лазера. Поле в резонаторі. Матеріальні рівняння. Рівняння багатомодового лазера. Стаціонарна генерація лазера. Вплив просторової неоднорідності поля мод та спектральної неоднорідності активного середовища на характеристики лазерного випромінювання.
4. **Лазер з модуляцією добротності резонатора.** Режим синхронізації мод. Спектральні характеристики лазерного випромінювання. Принцип управління дожиною хвилі лазера.
5. **Оптична голографія.** Типи голограм: Габора, Френеля, Фраунгофера, Денисюка. Запис голограм та відновлення зображення.
6. **Основні напівпровідникові матеріали сучасної мікро- та оптоелектроніки.** Епітаксійні методи вирощування тонких та надтонких шарів напівпровідників. Вирощування напівпровідникових гетероструктур A_3B_5 , A_2B_6 , A_4B_6 .
7. **Прямозонні, непрямоzonні напівпровідники.** Напівпровідникові тверді розчини. Власні і домішкові напівпровідники, ізоелектронні домішки. Статистична Функції розподілу електронів і дірок в зонах, визначення концентрації носіїв у власних та домішкових напівпровідниках, визначення рівня Фермі в донорному та акцепторному напівпровіднику, залежність концентрації носіїв від температури.
8. **Фотоелектричні явища в кристалах.** $p - n$ перехід, типи гетеропереходів, електронне та оптичне обмеження. Властивості гетеропереходів. Напівпровідникові структури низької розмірності, густина станів в $2D$, $1D$, $0D$ кристалах. Надгратки, зонна будова та фізичні властивості. Основні матеріали оптоелектроніки.
9. **Напівпровідникові лазери з електронною і оптичною накачкою.** Інжекційні лазери, лазери з квантовими розмірними шарами. Каскадні лазери на внутрішньозонних переходах.
10. **Приймачі випромінювання з зовнішнім і внутрішнім фотоефектом.** Фотоелектронні помножувачі. Типи фотокатодів. Фоторезистори. Фотодіоди. Фотодіоди з гетеропереходами. Фотодетектори з надграток. Лавинні фотодіоди. Варизонний лавинний фотодіод. Лавинний фотодіод на надгратках. Фото ПЗЗ-структура.

Література

Основна

1. *Зветло О.* Принципы лазеров. — М. : Мир, 1990.
2. *Пиктин А. Н.* Оптическая и квантовая электроника. — М. : Высшая школа, 2001. — 573 с.
3. *Зи С.* Физика полупроводниковых приборов: В 2 книгах. — М. : Мир, 1984.
4. *Кейси Х., Паниш М.* Физика полупроводниковых приборов: В 2 книгах. — М. : Мир, 1981.

Додаткова

5. *Ярив А.* Квантовая электроника / под ред. Я. И. Ханина. — 2-е изд. — М. : Советское радио, 1980.
 6. *Салех Б., Тейх М.* Оптика и фотоника. Принципы и применения: В 2 томах. — М. : Издательский дом Интеллект, 2012.
 7. *Пул Ч.-м., Оуэнс Ф.* Нанотехнологии / под ред. Я. И. Ханина. — М. : Техносфера, 2006. — 336 с.
-

Розділ IV. Нелінійна оптика

1. **Лінійна та нелінійна поляризація матеріального середовища.** Тензори нелінійної сприйнятливості. Методи розрахунку нелінійної сприйнятливості. Методи вимірювання оптичних нелінійностей.
2. **Генерація другої гармоніки. Взаємодія плоских хвиль.** Фазові синхронізми та методи узгодження фаз. Формування імпульсів та їх скорочення. Дисперсійне розплівання імпульсів.
3. **Трихвольова параметрична взаємодія.** Параметричне підсилення світлових пучків та імпульсів. Умови фазового синхронізму. Параметричні перетворення частоти вниз і вгору. Параметричні генератори світла.
4. **Стимульоване розсіювання світла.** Вимушене комбінаційне розсіювання Манделштама-Брілюєна, вимушене температурне розсіювання. Насичення розсіювання.
5. **Нелінійна рефракція Фізичні механізми.** Самофокусування та самодефокусування. Фазова самомодуляція світла.
6. **Нелінійне поглинання.** Теорія двохфотонного поглинання. Особливості двохфотонного поглинання в напівпровідниках. Практичне використання.
7. **Оптична бістабільність.** Оптичний транзистор, оптичні логічні елементи, інші типи бістабільних пристроїв.

Література

1. *Бломберген Н.* Нелинейная оптика. — М.: Мир, 1966. — 424 с.
 2. *Цернике Ф., Мидвинтер Д.* Прикладная нелинейная оптика. — М.: Мир, 1976. — 261 с.
-

Розділ V. Статистична фізика

1. **Рівноважні стани та процеси в термодинаміці.** Температура. Принцип температури. Ентропія. Принцип ентропії. Абсолютна температура і абсолютна ентропія. Адіабатичний та ізотермічний потенціали.
2. **Аксіоматика термодинаміки.** Узагальнення поняття ентропії на довільні процеси. Принцип Нернста.
3. **Термодинамічні потенціали.** Метод термодинамічних функцій. Поліваріантні термодинамічні системи. Системи зі змінною кількістю речовини.
4. **Основні принципи статистичної фізики.** Ергодичні системи. Поняття флуктуації термодинамічної величини. Теорема Ліувілля. Мікроканонічний та канонічний (Гіббса) розподіли. Статистичний зміст ентропії. Статсума. Розподіл Максвелла. Розподіл Больцмана для ідеального газу. Розподіл Гіббса для систем зі змінною кількістю частинок.
5. **Класичний ідеальний газ.** Ідеальний газ зі сталою теплоємністю. Виведення адіабатичного рівняння. Одноатомний ідеальний газ. Критерії застосування статистики Больцмана. Вплив електронного моменту. Двоатомний ідеальний газ з молекулами, що утворені з різних атомів: статистична сума, вільна енергія, теплоємність.
6. **Квантова статистика.** Розподіли Фермі та Бозе. Слабонеідеальні гази фермі та бозе. Вироджений електронний газ. Вироджений бозе газ.
7. **Випромінювання абсолютно чорного тіла.** Формула Планка. Термодинаміка фотонного газу.
8. **Неідеальні гази.** Другий віріальний коефіцієнт. Пояснення ефекту Джоуля-Томсона. Формула Ван-дер-Ваальса.
9. **Критична точка та критичні показники.** Критичні параметри. Закон відповідних станів. Критичні показники на прикладі систем рідина-газ та феромагнетик-парамагнетик. Феноменологічні нерівності, формула Рашбрука-Куперсмита.
10. **Фазові переходи та рівновага фаз.** Переходи першого та другого роду. Формула Клайперона-Клаузіуса. Рівняння Еренфеста. Теорія Ландау фазових переходів другого роду. Параметр порядку.
11. **Метод молекулярного поля та наближення Брегга-Вільямса.** Параметри дальнього та ближнього порядку. Отримання рівняння стану для магнетика.
12. **Флуктуації.** Умови застосування теорії термодинамічних флуктуацій. Виведення ймовірності стану термодинамічної системи при відхиленні її термодинамічних параметрів від середніх величин. Розподіл Гауса для двох змінних. Приклади розрахунку флуктуацій та взаємної кореляції термодинамічних величин для однорідної ізотропної термодинамічної системи.

Література

Основна

1. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. — 2-е. — М.: Наука, 2000. — 607 с.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика : в 10 т. Том V. Статистическая физика. Часть 1. — 5-е. — М. : Физматлит, 2002. — 613 с.

3. *Леонтович М. А.* Введение в термодинамику. Статистическая физика. — М.: Наука, 1983. — 416 с.
4. *Квасников И. А.* Термодинамика и статистическая физика : Теория равновесных систем: Термодинамика : в 4 т. Т. 1. — 2-е изд. — М. : Едиториал УРСС, 2002. — 240 с.
5. *Квасников И. А.* Термодинамика и статистическая физика : Теория равновесных систем: статистическая физика : в 4 т. Т. 2. — 2-е изд. — М. : Едиториал УРСС, 2002. — 432 с.

Додаткова

6. *Киттель Ч.* Статистическая термодинамика. — М. : Мир, 1977. — 336 с.
7. *Кубо Р.* Статистическая механика. — М. Мир, 1967.
8. *Самойлович А. Г.* Термодинамика и статистическая физика. — М. : ГИТТЛ, 1953. — 449 с.
9. *Зайцев Р. О.* Статистическая физика. — М. : МФТИ, 2004. — 394 с.
10. *Левич В. Г.* Введение в статистическую физику. — 2-е вид. — М. : ГИТТЛ, 1954. — 530 с.

II. Питання для вступників, які орієнтуються на блок «Фізика новітніх джерел енергії»

Розділ I. Фізика горіння

1. **Механізм і швидкість хімічної реакції.** Закон діючих мас. Порядок реакції. Константа швидкості. Закон Арреніуса. Кінетика складних реакцій. Метод квазістаціонарних концентрацій. Лімітуюча стадія складного хімічного процесу. Стаціонарні режими.
2. **Класифікація процесів горіння.** Теорія і критерій теплового вибуху. Розрахунок рівноважних температур і складу продуктів горіння. Розрахунок адіабатичної температури горіння. Теорія і критерій ланцюгового вибуху.
3. **Займання і запалювання.** Запалювання нагрітою стінкою. Запалювання іскрою. Осередкове запалення і мінімальна енергія запалювання.
4. **Теорія і закономірності стаціонарного горіння газової суміші.** Нормальна швидкість поширення полум'я. Межі поширення полум'я, граничний діаметр і гранична концентрація компонентів суміші. Дифузійно-теплова нестійкість полум'я. Уявлення про турбулентне горіння. Холодні пламена. Горіння неперемішаних газів.
5. **Вимірювання нормальної швидкості поширення пламен.** Вимірювання структури пламен: профілі температури і концентрації речовин в хвилі горіння.
6. **Горіння конденсованих систем.** Запалювання та горіння частинок і крапель пального в окислювальному середовищі. Фізика нестаціонарного горіння.
7. **Процеси горіння і вибухового перетворення** в пристроях і апаратах для виробництва енергії, роботи, отримання речовин і продуктів.
8. **Система рівнянь газової динаміки для одновимірних рухів** в координатах Лагранжа і Ейлера. Ударні хвилі. Ударна адіабата. Ударні хвилі в реагуючих середовищах.
9. **Теорія детонації.** Структура детонаційної хвилі. Стійкість детонаційних хвиль. Межі детонації.

Література

Основна

1. Математическая теория горения и взрыва / Я. Б. Зельдович, Г. И. Баренблатт, В. Б. Либрович, Г. М. Махвиладзе. — Наука, 1980.
2. Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. — Физматлит, 2003. — ISBN 3540677518.
3. Химия горения / под ред. У. Гардинер. — Мир, 1988.
6. Основы практической теории горения / В. В. Померанцев, К. М. Арефьев, Д. Б. Ахмедов, М. Н. Конович, Ю. Н. Корчунов, Ю. А. Рундыгин, С. Л. Шагалова, Ш. С. М. — 2-е изд. перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат, 1986.
7. Хитрин Л. Н. Физика горения и взрыва. — М.: МГУ, 1957.
8. Вильямс Ф. А. Теория горения. — Физматлит, 1971.

Додаткова

4. *Liberman M. A.* Introduction to Physics and Chemistry of Combustion: Explosion, Flame, Detonation. — 1st ed. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. — ISBN 9783540787587.
 5. *Law C. K.* Combustion physics. — CUP, 2006. — 742 p. — ISBN 9780521870528.
-

Розділ II. Термодинаміка газового потоку

1. **Газодинамічні функції.** Число Маха і приведена швидкість. Критична швидкість. Відносні параметри. Приведена витрата і газодинамічна функція витрати.
2. **Параметри адіабатного загальмованого потоку.** Критичні параметри потоку. Практичне використання газодинамічних функцій.
3. **Форма каналу, необхідна для розгону і гальмування газового потоку.** Ідеальна течія газу в соплах. Ідеальна течія газу в соплі, що звужується, і соплі Лавалю. Особливості розгону і гальмування газу при різних діях.
4. **Побудова профілю сопла Лавалю.** Розрахунок параметрів потоку в критичному перетині сопла.
5. **Цикл теплових двигунів.** Робота циклу Брайтона.
6. **Холодильний коефіцієнт.** Холодильні агенти. Холодовиробництво. Зворотний цикл Карно. Компресійні холодильні установки. Цикл повітряної холодильної установки. Недоліки повітряних холодильних установок.
7. **Розрахунок циклу парокompресорної холодильної установки.**
8. **$T - S$ діаграма.** Відведена і підведена теплота. Холодильний коефіцієнт. Переваги і недоліки. Основні хладагенти.
9. **Новітні напрямки створення холодильних установок.**

Література

1. *Кирилін В. А., Сичев В. В., Шейндлін А. Е.* Технічна термодинаміка. — М.: Енергія, 1974. — 436 с.
2. *Мухачев Г. А., Шукін В. К.* Термодинаміка и теплопередача. — М.: Высшая школа, 1991. — 480 с.
3. *Беляев Н. М.* Термодинаміка. — К.: Вища школа, 1987. — 342 с.
4. *Болгарський А. В., Голдобеев В. И.* Сборник задач по термодинамике и теплопередаче. — М.: Высшая школа, 1987. — 302 с.

Розділ III. Теорія та спецглави конвективного теплообміну

1. **Конвективний теплообмін при зовнішньому обтіканні тіл.** Теплообмін на пластині в умовах неізотермічності і зовнішньої турбулентності.
2. **Конвективний теплообмін в трубах і каналах.** Теплообмін та гідродинаміка у турбулентних пристінних течіях. Теплообмін у каналах довільного поперечного

- перерізу. Конвективний теплообмін при вільній конвекції. Вплив гравітації на рух теплоносія. Додаткова умова подібності. Тепловіддача в гравітаційному і інерційному полях.
3. **Основи теорії пограничного шару.** Ламінарний пограничний шар. Диференціальні рівняння динамічного і теплового пограничного шару. Інтегральні рівняння ламінарного пограничного шару.
 4. **Турбулентний пограничний шар.** Диференціальні рівняння динамічного і теплового пограничного шару. Профілі швидкості і температури в пограничному шарі.
 5. **Закони тертя і теплообміну.** Тепловіддача на пластині (рішення інтегрального рівняння з використанням законів тертя і теплообміну).
 6. **Розріджений газ.** Особливості течії та теплообміну. Додаткова умова подібності. Тепловіддача при свobodомолекулярному режимі і температурному стрибку на поверхні теплообміну.
 7. **Теплообмін випромінюванням.** Теплообмін випромінюванням між паралельними стінками. Вплив екранування. Теплообмін випромінюванням між газом і оболонкою. Радіаційно-конвективний теплообмін.
 8. **Особливості тепловіддачі в потоці, що хімічно реагує, формула теплового потоку.** Система диференціальних рівнянь тепловіддачі.
 9. **Особливості гідродинаміки та теплообміну в трубах с початковою закруткою потоку.** Подібність та тепловіддача внутрішніх закручених потоків.
 10. **Фізична структура, подібність та тепловіддача в трубах, що обертаються навколо своєї осі.** Режими течії та їх границі. Режими течії и тепловіддача в трубах, що радіально обертаються.

Література

1. *Мухачев Г. А., Щукин В. К.* Термодинамика и теплопередача. — М.: Высшая школа, 1991. — 480 с.
2. *Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С.* Теплопередача. — М.: Энергоиздат, 1981. — 416 с.
3. *Авдеевский В. С., Галицкий Б. М., Глебов Г. А.* Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. — М.: Машиностроение, 1975. — 623 с.
4. *Константинов С. М.* Теплообмін. — К.: Політехніка, 2005. — 303 с.
5. *Амерханов Р. А., Харламов Б. Х.* Теплотехника. — М.: Энергоатомиздат, 2006. — 461 с.
6. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб / Ю. А. Быстров, С. А. Исаев, Н. А. Кудрявцев, А. И. Леонтьев. — СПб.: Судостроение, 2005. — 392 с.

Розділ IV. Теорія теплопровідності

1. Рівняння теплопровідності в різних системах координат та граничні умови.

2. **Одномірне температурне поле.** Теплопровідність і теплопередача плоскої стінки. Багатошарова стінка. Циліндрична і сферична стінка. Критична товщина теплової ізоляції.
3. **Теплопровідність і теплопередача через пласку стінку.** Термічний опір теплопровідності і теплопередачі. Теплопровідність і теплопередача через циліндричну стінку. Вибір теплової ізоляції, умова збільшення теплового потоку в двошаровій циліндричній стінці. Теплопровідність через сферичну стінку.
4. **Двомірне температурне поле.** Двовимірне температурне поле пластини: аналітичне рішення і його аналіз.
5. **Аналіз рішення двовимірного рівняння теплопровідності і особливості використання граничних умов для визначення констант в загальному рішенні.**
6. **Стаціонарні системи з джерелами теплоти.** Місцеві джерела теплоти. Суцільний круглий стрижень. Максимальна температура. Місцеве джерело теплоти в плоскій пластині
7. **Температурне поле круглого стрижня з внутрішніми джерелами теплоти.**
8. **Температурне поле в електричних котушках.** Температурне поле суцільний електричної котушки. Граничні умови. Температурне поле порожнистої електричної котушки.
9. **Нестаціонарні системи.** Внутрішній і зовнішній термічний опір (3 випадки). Основні рівняння. Основні визначення. Випадок малого внутрішнього опору (рішення). Регулярний тепловий режим.
10. **Теплопровідність і теплопередача через обрєбрену стінку.** Температурное поле і коефіцієнт ефективності ребра прямокутного перерізу.

Література

1. *Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С.* Теплопередача. — М.: Энергоиздат, 1981. — 416 с.
2. *Мухачев Г. А., Щукин В. К.* Термодинамика и теплопередача. — М.: Высшая школа, 1991. — 480 с.
3. *Авдудевский В. С., Галицкий Б. М., Глебов Г. А.* Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике. — М.: Машиностроение, 1975. — 623 с.
4. *Шнейдер П.* Инженерные проблемы теплопроводности. — М.: Иностранная литература, 1960. — 478 с.

Розділ V. Експериментальні дослідницькі установки

1. **Нагрів робочих тіл та експериментальних ділянок.** Основні типи нагріву поверхні. Резисторний та індукційний нагрів. Енергетичний баланс. Розрахунок корисної та встановленої потужності електронагрівачів.
2. **Нагрів робочих тіл та експериментальних ділянок.** Види плазмотронів. Теплова ізоляція.
3. **Техніка низьких температур.** Основні поняття. Загальні принципи отримання низьких температур та використання в техніці.

4. **Термостатування.** Загальні відомості про системи термостатування. Види систем термостатування. Термостати та кріостати.
5. **Створення газових потоків.** Класифікація та основні характеристики засобів створення газових потоків. Аеродинамічні труби та газодинамічні установки.
6. **Створення газових потоків.** Основні елементи аеродинамічних труб та газодинамічних установок. Техніка безпеки.
7. **Основи вакуумної техніки.** Використання вакууму в науці та техніці. Основні поняття та рівняння вакуумної техніки.
8. **Основи вакуумної техніки.** Техніка отримання вакууму. Вакуумна камера та конструктивні елементи вакуумної системи.

Література

1. Гортышов Ю. Ф., Дресвянников Ф. Н., Идиатуллин Н. С. Теория и техника теплофизического эксперимента: Учеб. Пособие для вузов / под ред. В. К. Щукина. — М. : Энергоатомиздат, 1985.
2. Гортышов Ю. Ф., Дресвянников Ф. Н., Идиатуллин Н. С. Научно-исследовательские лаборатории теплофизического профиля. — Казань : Издательство Казанского университета, 1988.
3. Аметистов Е. В., Григорьев В. А., Емцев Б. Т. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник. — М. : Энергоиздат, 1982.
4. Осипова В. А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. — М. : Энергия, 1979.
5. Епифанова В. Низкотемпературные радиальные турбодетандеры. — М. : Машиностроение, 1974. — 448 с.
6. Фастовский В., Петровский Ю. В., Ровинский А. Криогенная техника. — М. : Энергия, 1974. — 496 с.
7. Розанов Л. Н. Вакуумная техника (конспект лекций). — Л. : ЛПИ им. Калинина, 1971. — 176 с.