Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики
та енергетики

" З А Т В Е Р Д Ж У Ю "
Директор
ННІ комп'ютерної фізики та енергетики



_____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА
"___" _____ 20___ р.

ПРОГРАМА
атестаційного екзамену
«Термодинаміка та молекулярна фізика»

спеціальність: 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма	«Прикладна фізика енергетичних систем» «Прикладна фізика нетрадиційної енергетики» «Комп'ютерна фізика»
вид дисципліни	підсумкова атестація

навчально – науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

Харків 2023

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

" 28 " грудня 2023 року, протокол № 12-1/23

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Рогова Світлана Юріївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри комп'ютерної фізики;

Сухов Руслан Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах;

Марущенко Ілля Миколайович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології.

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) Комп'ютерна фізика

Гарант освітньо-професійної програми (керівник проектної групи)

_____ Світлана РОГОВА
(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) Прикладна фізика енергетичних систем

Гарант освітньо-професійної програми (керівник проектної групи)

_____ Руслан СУХОВ
(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) Прикладна фізика нетрадиційної енергетики

Гарант освітньо-професійної програми (керівник проектної групи)

_____ Ілля МАРУЩЕНКО
(підпис)

Протокол від " 21 " грудня 2023 року № 12/23

Голова методичної комісії навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Денис ПРОТЕКТОР
(підпис)

Частина 1.

Молекулярна фізика та начала статистичної фізики

Предмет молекулярної фізики. Маси атомів і молекул. Кількість речовини. Агрегатний стан речовини. Модель ідеального газу. Закони ідеального газу. Барометрична формула.

Випадкові події та величини. Ймовірність. Розподіл Гауса. Макроскопічний і мікроскопічний стани системи. Постулат рівноймовірності мікростанів. Ергодична гіпотеза.

Розподіл Максвела. Розподіл молекул за швидкостями. Вивід розподілу Максвела. Характеристичні швидкості молекул. Частота ударів молекул об стінку. Число молекул у різних ділянках розподілу Максвела. Експериментальна перевірка розподілу Максвела.

Флуктуації. Відносна величина флуктуацій. Статистична вага. Ентропія. Формула Больцмана для ентропії. Теорема Нернста.

Поняття про ансамблі. Ансамбль Гібса, ергодична гіпотеза, розподіли Гібса, Фермі-Дірака, Бозе-Ейнштейна, Максвелла-Больцмана. Принцип детальної рівноваги.

Кінематичні характеристики молекулярного руху. Поперечний переріз. Середня довжина вільного пробігу. Експериментальне визначення поперечного перерізу зіткнень. Частота зіткнень. Середня довжина вільного пробігу.

Тиск і температура. Основне рівняння кінетичної теорії газів. Вимірювання тиску. Термометри. Міжнародна практична шкала температур. Абсолютний нуль температур.

Розподіл Больцмана. Обґрунтування розподілу Больцмана. Суміш газів у посудині. Співвідношення між розподілами Максвела і Больцмана. Атмосфери планет. Експериментальна перевірка розподілу Больцмана.

Розподіл енергії за ступенями свободи і броуновський рух. Теорема про рівнорозподіл кінетичної енергії за ступенями свободи. Броунівський рух і його опис. Обертальний броунівський рух. Експериментальне визначення сталої Больцмана.

Гази з **міжмолекулярною взаємодією і рідини.** Сили міжмолекулярної взаємодії. Іонний зв'язок. Ковалентний зв'язок. Сили Ван-дер-Ваальса. Структура рідин.

Частина 2.

Термодинаміка

Перший принцип термодинаміки. Робота. Теплота. Внутрішня енергія. Фізичний зміст першого принципу. Функції стану і їхні повні диференціали. Рівноважні і нерівноважні процеси. Оборотні і необоротні процеси.

Теплоємність. Теплоємність при постійному об'ємі. Теплоємність при постійному тиску для ідеального газу. Рівняння Роберта Майера.

Процеси в ідеальних газах. Ізобаричний процес. Ізохоричний процес. Ізотермічний процес. Адіабатичний процес. Політропний процес. Рівняння політропи.

Другий принцип термодинаміки. Циклічні процеси. Робота циклу. Коефіцієнт корисної дії. Цикл Карно. Коефіцієнт корисної дії циклу Карно. Теорема Карно. Другий принцип термодинаміки у формулюваннях Кельвіна і Клаузиуса. Еквівалентність формулювань Кельвіна і Клаузиуса. Холодильна машина.

Абсолютна термодинамічна шкала температур. Поняття від'ємної абсолютної температури. Друга теорема Карно. Нерівність Клаузиуса. Ентропія як функція стану. Статистичний характер другого принципу термодинаміки. Зміна ентропії в необоротних процесах. Парадокс Гіббса. Приклади розрахунків ентропії і її змін.

Реальні гази. Відхилення властивостей реальних газів від властивостей ідеальних газів. Рівняння Ван-дер-Ваальса, Фізичний зміст сталих, що входять до рівняння Ван-дер-Ваальса. Ізотерми Ван-дер-Ваальса. Метастабільні стани. Порівняння висновків з рівняння Ван-дер-Ваальса з експериментальними даними. Внутрішня енергія газу Ван-дер-Ваальса.

Ефект Джоуля - Томсона. Диференціальний та інтегральний ефекти Джоуля - Томсона. Ефект Джоуля -Томсона для газу Ван-дер-Ваальса. Скраплення газів. Властивості речовини при низьких температурах.

Фазові переходи

Перехід з газоподібного стану в рідкий. Експериментальні ізотерми. Критичний стан. Область двухфазових станів. Насичена пара. Правило важеля. Фазові переходи першого роду. Рівняння Клапейрона - Клаузиуса. Кристалізація і плавлення. Сублімація. Фазові діаграми. Поліморфізм. Фазові переходи другого роду і їхні приклади.

Частина 3

Рідини та поверхневі явища, кристали

Вільна поверхнева енергія. Поверхневий натяг. Умова рівновага на границі двох рідин і на границі рідина - тверде тіло. Тиск під скривленою поверхнею. Капілярні явища.

Випаровування і кипіння рідин. Сутність динамічної рівноваги на межі пар - рідина. Тиск насичених парів поблизу скривленої поверхні рідини. Перегріта рідина. Бульбашкові камери. Переохолоджена пара. Камера Вільсона.

Рідкі розчини, їхні кількісні характеристики. Розчинність. Теплота розчинення. Ідеальні розчини. Закон Рауля. Закон Генрі. Залежність розчинності від температури. Приклади найпростіших діаграм стану бінарних сумішей.

Осмотичний тиск. Механізм його виникнення. Закономірності осмотичного тиску. Прояв осмотичного тиску.

Основні якісні відомості про сплави, тверді розчини .

Процеси переносу

Види процесів переносу (теплопровідність, дифузія, в'язкість). Процеси переносу в газах і коефіцієнти, що характеризують процеси переносу в них.

Фізичні явища в розріджених газах. Визначення вакууму. Теплопередача, дифузія і тертя при малих тисках. Основні відмінні риси явищ переносу у твердих тілах і рідинах у порівнянні з явищами переносу в газах.

Критерії оцінювання знання

1. Екзаменаційний білет буде мати 35 питання, з них:
   - 10 питань по 4 бала;
   - 10 питань по 3 бали;
   - 15 питань по 2 балів.

Виконання кожного завдання білета оцінюється балом за таблицею:

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недоброчесність	
2	1-20	Наведено лише визначеннятермінів, які входять до формулювання питання	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі, записано основні закони з цієї теми
3	21-40	Наведено лише загальнівідомості	Додатково до п. 2 вказано метод розв'язання задачі

4	41-60	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п. 3 при правильному виборі методу розв'язання допущеногрубі помилки
5	61-80	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п. 3 при правильномувиборі методу розв'язання не доведено до кінця
6	81-90	Наведено правильну в цілому відповідь з порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій чи оформлення відповіді ускладнює розуміння тексту	Задачу доведено до правильноїкінцевої формули і на тому припинено розв'язання
7	91-100	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулута проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення.

Рекомендована література

1. Daniel V. Schroeder. An introduction to thermal physics. – Addison-Wesley, 2000.
2. David Tong. Lectures on Statistical Mechanics. – University of Cambridge, 2012.
3. David Tong. Lectures on Kinetic Theory. – University of Cambridge, 2012.
4. Kardar M. Statistical Physics of Particles. – Cambridge University Press, 2007.
5. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка: Підручн. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів. – К.: Техніка, 2001.

Інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції

1. Mehran Kardar. Сторінка автора на сайті MIT (Massachusetts Institute of Technology), що містить відео-лекції з курсів "Статистична теорія частинок" і "Статистична теорія полів": http://www.mit.edu/~kardar/teaching/index.html.
2. David Tong. Сторінка автора на сайті University of Cambridge, що містить конспекти лекцій з курсів "Статистична фізика" і "Кінетична теорія": http://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/teaching.html.

Програму атестаційного екзамену з дисципліни «Термодинаміка та молекулярна фізика» для освітньо-професійного рівня «Бакалавр» розроблено на основі чинних програм з дисциплін «Молекулярна фізика», «Термодинаміка та статистична фізика» та «Термодинаміка енергетичних систем» для освітньо-професійного рівня «Бакалавр».