

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ МЕХАНИКИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

по направлению подготовки **«510450 – Физика»**

количество кредитов - 2 , объем часов - 108

Авторы:

- **Курлапов Л.И.**, доктор физико-математических наук, профессор,
- **Исатаев С.И.**, кандидат физико-математических наук, профессор,
- **Кашкаров В.В.**, кандидат физико-математических наук, доцент;
- **Омирбеков Ж.О.**, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензенты:

- **Жанабаев З.Ж.** - доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой электроники и нелинейных волновых процессов КазНУ им. аль-Фараби,
- **Мукашев К.М.** - доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой радиационной физики АГУ им. Абая.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель и задачи преподавания дисциплины «Специальные главы механики и молекулярной физики».

В магистратуре основное внимание уделяется более глубокому изучению предмета и освоению навыков проведения самостоятельного исследования.

Программа содержит два раздела – «Механика» и «Молекулярная физика». В разделе «Механика» цель преподавания состоит в том, чтобы дать обзор избранных глав раздела «Механика» курса общей физики, расширить знания основных принципов и законов механики. На семинарских занятиях целью является освоение исследовательских навыков постановки и решения физических задач механики в соответствии с ее принципами и законами.

Основное внимание в курсе уделяется развитию и усвоению логической цепочки рассуждений и методов, позволяющих применять законы механики для решения конкретных задач и для объяснения физических явлений.

Цель раздела «Молекулярная физика» заключается в углубленном изучении наиболее важных и фундаментальных вопросов молекулярной физики и термодинамики, которые позволяют продемонстрировать развитие современных направлений в исследованиях необратимых процессов. В соответствии с этими представлениями и историей развития физики рассмотреть ведение параметров состояний и характеристик процессов,

которые используются в самых различных областях человеческой деятельности, и дать им молекулярно-кинетическую интерпретацию.

Показать, что молекулярная форма движения играет важную роль в экологии, что проблемы экологии (тепловое загрязнение, проблемы очистки технологических выбросов и т.п.) должны решаться на основе использования законов термодинамики и физической кинетики, которые представляют собой наиболее общие закономерности Природы.

Основными задачами программы являются:

- на примере рассмотрения механической и молекулярной форм движения овладение методами построения теоретических физических моделей, основными приемами их математической формализации и решения конкретных задач.

Дисциплины, предшествующие изучению данной дисциплины: общий курс физики, высшая математика. Для изучения дисциплины студент должен знать физику и математику в объеме первой ступени образования. Магистрант должен владеть математическими методами, в том числе векторного и тензорного анализа, решения дифференциальных уравнений в объеме учебной программы для бакалавров.

Смежные дисциплины. Философские проблемы физики и физика открытых систем.

Минимум знаний, умений и навыков. В результате изучения дисциплины студент должен:

- иметь фундаментальную подготовку по механике и молекулярной физике, владеть современной проблематикой;
- уметь приобретать новые знания, используя современные образовательные технологии и применять полученные знания для решения конкретных задач;
- знать законы механики и молекулярной физики, применять их для решения задач и излагать материал по механике и молекулярной физики;
- правильно соотносить содержание конкретных задач с общими законами физики, эффективно применять законы и принципы механики и молекулярной физики для решения конкретных задач в области физики и на междисциплинарных границах с другими областями знаний;
- уметь строить физические и математические модели механических и молекулярных явлений, использовать для изучения этих моделей необходимый математический аппарат, иметь ясное представление о границах применимости физических моделей и гипотез;
- уметь грамотно формулировать выводы по результатам решения физических задач;
- владеть статистическим методом описания явлений;
- уметь раскрывать физический механизм механических и молекулярных явлений, анализировать изменения параметров в конкретных процессах, излагать наиболее трудные вопросы данных разделов физики;

- решать задачи по механике, термодинамике и молекулярной физике повышенной сложности.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Предмет физики и его эволюция от наиболее простых систем к сложным природным явлениям. Физика как основа научной картины мира и технологий. Место физики среди других наук. Значение физики для решения экологических проблем. Физические модели и границы их применимости.

Механическое движение как наиболее простая и общая форма движения материи. Механическая система. Фундаментальность механических законов. Основные задачи механики и современные проблемы.

Объекты изучения и предмет молекулярной физики и термодинамики. Молекулярно-кинетическая модель материального тела. Методы описания систем, состоящих из большого числа частиц. Статистический метод. Краткий исторический обзор развития молекулярной физики и термодинамики. Возможности современной кинетической теории газов, позволяющей выразить наблюдаемые величины через параметры межмолекулярных взаимодействий. Место молекулярно-кинетической теории в науке как звена между прикладными науками и квантовой механикой, дающей сведения о характеристиках межмолекулярных взаимодействий. Физика равновесных состояний и физика процессов. Проблема соотношения обратимости микропроцессов и необратимости наблюдаемых макроявлений. Применение компьютеров в молекулярной физике.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основные принципы кинематики. Свойства физического пространства-времени - размерность, однородность, изотропность и их связь с законами сохранения. Особая роль инерциальных систем отсчета при описании физических явлений. Принцип относительности. Принцип постоянства скорости света. Процедура синхронизации часов. Преобразования Галилея и Лоренца, их физическое содержание. Инварианты преобразований и их роль в описании явлений. Кинематика материальной точки, системы материальных точек и твердого тела.

Основные законы динамики, работа и энергия. Масса, импульс частицы и сила - центральные понятия динамики поступательного движения. Законы Ньютона. Импульс системы материальных точек. Уравнение движения частицы и системы материальных точек. Момент импульса. Уравнение моментов для материальной точки и системы материальных точек. Роль внутренних и внешних сил в динамике механической системы. Законы сохранения импульса

и момента импульса. Центр масс. Закон движения центра масс системы. Динамика тел переменной массы.

Понятие состояния и эволюции механической системы. Работа в описании процесса эволюции механической системы. Кинетическая и потенциальная энергии как функции состояния механической системы. Связь энергии с работой в процессе эволюции. Роль диссипативных процессов в задачах механики. Закон сохранения энергии и его роль в физике. Столкновения. Колебательное движение.

Основы динамики твердого тела.

Степени свободы механической системы. Система уравнений движения твердого тела. Вектор момента импульса твердого тела и его связь с вектором угловой скорости. Тензор инерции твердого тела как физическая величина, характеризующая инертные свойства тела при вращательном движении. Особенности динамики вращательного движения.

Основы механики сплошной среды. Виды деформаций твердого тела под действием внешних сил. Тензор напряжений. Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона.

Лагранжево и эйлерово описание движений сплошной среды. Поля скорости, давления, температуры, плотности. Уравнение неразрывности. Уравнение Эйлера. Уравнение Навье-Стокса. Стационарные течения и уравнение Бернулли. Особенности нестационарных течений. Волны в сплошной среде и элементы акустики.

Статистический метод. Равновесные и локально-равновесные макропараметры. Давление. Температура. Концентрация компонентов в смеси. Модель идеального газа и ее важность для введения основных параметров состояния и соотношений между ними. Уравнение Менделеева – Клапейрона. Характер теплового движения молекул газа. Броуновское движение. Основная формула кинетической теории газов. Особенности молекулярных систем, связанные с малыми размерами и массами молекул. Моль – мера количества вещества. Особенности систем, состоящих из огромного числа частиц. Статистический метод их исследования. Плотность вероятности как основной инструмент статистического метода. Функция распределения Максвелла как гауссово распределение в пространстве скоростей (импульсов молекул). Характерные средние скорости молекул в газах. Локально-максвелловская функция как мостик для перехода от исследования состояний к исследованию процессов. Газ в силовом поле. Барометрическая формула. Распределение Максвелла - Больцмана. Отрицательные температуры.

Кинематические характеристики молекулярного движения. Эффективный диаметр столкновения молекул в газах. Частота столкновений, время свободного пролета и средняя длина свободного пробега молекул чистых газов и в смесях газов.

Термодинамика. Особенности термодинамического описания макроскопических систем, их общность. Внутренняя энергия

термодинамической системы. Работа и теплота как два способа изменений внутренней энергии термодинамической системы. Первое начало термодинамики как закон сохранения и превращения энергии в тепловых процессах. Тепловые машины. Цикл Карно. Теоремы Карно, неравенство Клаузиуса. Энтропия. Второе начало термодинамики. Закон возрастания энтропии в изолированных системах как одна из эквивалентных формулировок второго начала термодинамики. Основное термодинамическое тождество – соотношение Гиббса в различных ступенях иерархии статистических ансамблей. Понятие о термодинамических функциях. Соотношения Максвелла.

Статистический характер второго начала термодинамики. Энтропия Больцмана. Энтропия как мера хаоса. Особенности открытых систем. Необратимость реальных процессов. Основы термодинамики необратимых процессов. Соотношения Онзагера. Производство энтропии. Второе начало термодинамики для открытых систем в виде утверждения о положительности производства энтропии. Энтропийный анализ необратимых процессов. Перекрестные явления. Тенденции развития термодинамики в направлении применений к сложным системам. Иерархия статистических термодинамических ансамблей. Исторический ракурс развития термодинамики от науки о равновесных системах до синергетики.

Газы с межмолекулярным взаимодействием и жидкости, процессы переноса. Электромагнитная природа сил межмолекулярного взаимодействия, их влияние на свойства веществ. Уравнения Ван-дер-Ваальса и уравнения в рамках кластерной модели. Особенности жидкого состояния. Поверхностное натяжение. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний трехфазной системы.

Неоднородные газы. Потоки. Физическая сущность процессов переноса вещества, импульса, энергии. Общее уравнение переноса. Самодиффузия, вязкость, теплопроводность. Выражение коэффициентов переноса через величины, характеризующие молекулярные взаимодействия. Взаимная диффузия. Термодиффузия. Уравнение нестационарной теплопроводности. Физические явления в разреженном газе. Особенности явлений переноса в жидкостях. Формула Френкеля. О применении метода молекулярной динамики для компьютерного моделирования процессов переноса. Свойства жидкого гелия. Сверхтекучесть.

Темы семинарских занятий

Что такое модель физического явления и как она формируется?

Решение задач на оценку результата по порядку величины.

Методы проверки ответа - по размерности, анализ предельных случаев, использование симметрии.

Схема решения задач динамики. Задачи на динамику поступательного и вращательного движений.

Исследовательские задачи на колебания в механических системах.

Упругие волны в газе и твердом теле.

Исследовательские задачи гидродинамики.

Расчеты параметров состояния газовых смесей. Уравнения состояния газов от уравнения Менделеева – Клапейрона до уравнения Ван-дер-Ваальса и уравнения в рамках кластерной модели. Изопараметрические процессы. Полное описание изотермических, изобарических, изохорических, адиабатных и политропных процессов (вывод уравнений процессов, графическое представление, анализ графиков).

Решение задач на тему: Газ в силовом поле. Барометрическая формула. Распределение Максвелла-Больцмана.

Цикл Карно. Коэффициент полезного действия (КПД) цикла Карно. Теоремы Карно. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Второе начало термодинамики. Закон возрастания энтропии в замкнутых системах. Статистический характер второго начала термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах. Решение задач на вычисление КПД различных циклов сравнение их с циклом Карно. Метод циклов в термодинамике.

Метод термодинамических потенциалов. Преобразование Лежандра. Выводы соотношений Максвелла.

Вывод формул элементарной кинетической теории для коэффициентов переноса через величины, характеризующие молекулярные взаимодействия. Вязкость, теплопроводность, взаимная диффузия. Термодиффузия.

Решение задач на расчет температурных полей в газах. Вывод уравнения нестационарной теплопроводности. Решение задач на применение закона Дюлонга и Пти.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М.: Высш. шк., 1976 - 416 с., 1986. - 320 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.1. Механика. М., 1974, 520 с.
3. Стрелков С.П. Механика. М., 1975, 560 с.
4. Хайкин С.Э. Физические основы механики. М., 1971, 772 с.
5. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
6. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
7. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
8. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
9. Телеснин Р.В. Молекулярная физика. - М.: Высш. шк., 1973.- 360 с.: ил.

10. Яковлев В.Ф. Курс физики. Теплота и молекулярная физика. - М.: Просвещение, 1976. - 320 с.
11. Шебалин О.Д. Молекулярная физика. - М.: Высш. шк., 1978. - 167с.
12. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 3-4. Т.4. Кинетика. Теплота. Звук. М.: Мир, 1978. - 496с.
13. Рейф Ф. Статистическая физика. (Берклевский курс физики, том 5) - М.: Наука, 1972.- 352 с.
14. Радченко И.В. Молекулярная физика. М.: Наука, 1965.- 479 с.
15. Штрауф Е.А. Курс физики. Для высш. техн. учеб. заведений. Т. 1.- Физические основы механики, термодинамики и молекулярная физика. Л.: Судпромиздат, 1960.- 484 с.
16. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М., "Наука", 1988, 416 с.

Дополнительная

1. Иродов И.Е. Основные законы механики. М., "Высшая школа", 1985, 248 с.
2. Киттель Г., Найт У., Рудерман М. Механика. М., "Наука", 1971, 480 с.
3. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т.1., Т.2. М., "Мир", 1976, 439 с.
4. Крауфорд Ф. Волны. М., "Наука", 1974, 527 с.
5. Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д. Элементы прикладной математики. М., "Наука", 1967, 646 с.
6. Бутиков Е.И., Быков А.А., Кондратьев А.С. Физика в примерах и задачах. М., "Наука", 1989, 462 с.
7. Задачи по физике. Под. ред. Савченко О.Я. Новосибирск, НГУ, 1999, 370 с.
8. Меледин Г.В. Физика в задачах. М., "Наука", 1989, 272 с.
9. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1965.- 384 с.
10. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Учебное пособие для втузов. М.: Высшая школа. 2000-. – 718 с.