

Программа

Термодинамика биологических систем

1. Цель освоения дисциплины.

Цель освоения учебной дисциплины «Термодинамика биологических систем» является ознакомление аспирантов с теоретическими основами обоснования термодинамики методами статистической физики. Продемонстрировать аспирантам всеобъемлющую роль термодинамики и статистики в функционировании биологических систем. Ознакомить аспирантов с современным методом биофизических исследований - сканирующей микрокалориметрией.

Для достижения цели ставятся следующие задачи:

- Познакомить аспирантов с основными физическими процессами, лежащими в основе статистического обоснования термодинамики биологических систем.
- Дать представление об основных термодинамических функциях и законах и их применении в биологии.
- Познакомить с аппаратурной базой термодинамических исследований.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы аспирантуры.

Дисциплина «Термодинамика биологических систем» входит в состав модуля «Биофизика» и изучается аспирантами в 3-ом семестре образовательного цикла. Базовые знания для освоения этой дисциплины аспирант получает при освоении программ магистратуры и специалитета.

3. Требования к результатам освоения дисциплины и компетенции.

Освоение дисциплины «Термодинамика биологических систем» вносит вклад в формирование универсальных (УК-1 и УК-5) и общепрофессиональных компетенций (ОПК-1 и ОПК-2), расширяет активные знания в следующих профессиональных компетенциях:

- понимает современные задачи биофизики и её перспективные направления развития (ПК-2);
- знает и использует в научно-исследовательской работе основные биофизические теории и принципы, знаком с основами математического описания биологических объектов и процессов и их моделированием, (ПК-3);
- имеет представление о молекулярных структурах и физико-химических свойствах биополимеров и низкомолекулярных соединений, входящих в состав биологических объектов (ПК-4);

В результате освоения дисциплины «Термодинамика биологических систем» обучающийся должен:

Знать:

- Основы статистических и термодинамических явлений в биологических системах.
- Основные функции и законы термодинамики.
- Методы получения термодинамических данных при исследовании биологических объектов.
- Место метода микрокалориметрии в ряде других аналитических, инструментальных методов исследования; применимость его для исследования биологических макромолекул.

Уметь:

- грамотно поставить задачу, которая может быть решена рассматриваемыми методами,
- самостоятельно анализировать современные экспериментальные научные данные,
- использовать теоретические знания для формирования новых идей.

Владеть:

навыками приготовления образцов для экспериментов и их проведения с использованием указанных методов и подходов.

4. Структура дисциплины «Термодинамика биологических систем» и виды учебной работы

Общая трудоемкость курса – 3 ЗЕТ, что составляет 34 учебных часов, в том числе установочные лекции и консультации 20 часов, семинарские занятия - 16 часов, самостоятельная работа в объёме не менее 72 часов.

Виды учебной работы: установочные лекции, консультации, практические занятия,

Самостоятельная работа: освоение рекомендованной литературы, подготовка к зачету, кандидатскому экзамену по специальности Биофизика.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

5??

6. Программа курса

Термодинамика биологических систем.

Определение Термодинамики.

Связь термодинамики со статистической физикой.

Основные представления статистической физики для обоснования термодинамики

Обобщённые координаты. Степени свободы. Фазовое пространство микросостояний.

Микроскопические и макроскопические состояния.

Репрезентативная точка и статистический ансамбль в фазовом пространстве.

Эргодическая гипотеза.

Статистическое (термодинамическое, тепловое) равновесие.

Время релаксации термодинамической системы, выведенной из состояния равновесия.

Классическая теорема о распределении энергии по степеням свободы, $kT/2$.

Микроскопические и макроскопические (термодинамические) величины.

Статистическое усреднение термодинамических величин.

Биополимеры как пограничные объекты между микро- и макромиром.

Изолированные, замкнутые, адиабатические и открытые системы.

Термодинамические величины.

Интенсивные и экстенсивные величины.

Энтропия.

Энтропия как функция статистического веса макросостояния.

Энтропия как функция объёма, занимаемого макросостоянием в фазовом пространстве.

Роль квантовой механики в определении энтропии.

Адидивность энтропии.

Температура.

Внутренняя энергия .

Теплота. Работа.

Энтальпия (тепловая функция).

Теплоёмкость.

Свободная энергия Гибса (термодинамический потенциал).

Химический потенциал.

Свободная энергия Гельмгольца.

Термодинамические потенциалы.

Независимые переменные.

Законы и уравнения термодинамики.

Первый закон термодинамики.
Второй закон термодинамики - Закон возрастания энтропии.
Максимальное значение энтропии изолированной системы – в состоянии равновесия.
Равновесные и неравновесные термодинамические системы.
Направление самопроизвольного процесса.
Обратимые и необратимые термодинамические процессы.
Уравнение состояния.

Распределение Больцмана.
Мембранный электрический потенциал Нернста и потенциал покоя клетки как примеры величин, характеризующих равновесное состояние.

Принцип Ле Шателье-Брауна.

Кинетическая теория газов и уравнение состояния газа (уравнение Менделеева-Клапейрона, уравнение Ван-дер-Ваальса, теплоёмкость одно-, двух-, трёх-атомных газов).

Химическое равновесие, константа равновесия. Растворы, Концентрация, активность, коэффициент активности. Ионизационные равновесия, двойной электрический слой. Понятие о рН и рК.

Изучение белков методом микрокалориметрии.

Белки – важный объект термодинамических исследований.
Методы сканирующей и изотермической калориметрии.
Приборная база.
Термодинамические величины, определяемые с помощью сканирующей и изотермической калориметрии.
Изучение небольших (однодоменных) белков с помощью сканирующей калориметрии. Подготовка прибора к работе. Приготовление образцов.
Методы определения и расчета парциальной теплоёмкости и энтальпии.
Анализ термодинамических данных и их сопоставление со структурными данными.

Неравновесная термодинамика.

Равновесные и стационарные состояния, их сравнение.
подавляющее число стационарных состояний в живом организме не являются термодинамически равновесными.
Мембранный потенциал Гольдмана, как пример величины, характеризующей неравновесный стационарный процесс.
Теорема Пригожина о минимальном производстве энтропии в стационарном состоянии линейной неравновесной системы (без доказательства).

7. Образовательные технологии

Занятия проходят в основном в виде установочных лекций, с привлечением компьютерных презентаций и ознакомления с реальными приборами, необходимыми для калориметрических исследований. Семинарские и лабораторные занятия проходят в научно-исследовательской лаборатории.

8. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов предусматривает изучение рекомендованной литературы и конспектов установочных лекций, использование доступа к Интернет-ресурсам и электронным библиотекам, подготовку к семинарам, работу в лаборатории и общение с научным руководителем и коллегами.

9. Вопросы для проверки усвоенного материала **по курсу Термодинамика биологических систем.**

Изолированные, замкнутые, адиабатические и открытые системы.

Интенсивные и экстенсивные величины.

Термодинамические величины:

Статистический вес макросостояния.

Энтропия.

Энтропия как функция статистического веса макросостояния.

Энтропия как функция объема, занимаемого макросостоянием в фазовом пространстве микросостояний.

Роль квантовой механики в определении энтропии.

Адиабатность энтропии.

Температура.

Внутренняя энергия .

Теплота. Работа.

Энтальпия (тепловая функция).

Свободная энергия Гиббса.

Химический потенциал.

Свободная энергия Гельмгольца.

Термодинамические потенциалы.

Независимые переменные.

Первый закон термодинамики.

Второй закон термодинамики. Направление самопроизвольного процесса.

Уравнение состояния.

Кинетическая теория газов и газовые законы.

Распределение Больцмана.

Мембранный потенциал Нернста.

Химическое равновесие, константа равновесия.

Концентрация, активность, коэффициент активности.

Ионизационные равновесия, двойной электрический слой.

Понятие о рН и рК.

Изучения биологических молекул методом микрокалориметрии.

Основные величины, измеряемые методом сканирующей микрокалориметрии.

Основные величины, измеряемые методом изотермической калориметрии.

10. Рекомендованная литература.

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Теоретическая физика. Том 5. Статистическая физика. Часть 1, "НАУКА", Москва, 1976.
2. А.Б. Рубин. Биофизика: в 2 т. 3-е изд. испр. и доп. Изд-во МГУ, 2004.
3. Биофизика: Для межвузовского использования (под ред. В. Ф. Антонова), 2-е изд., М., 1996.
4. М.В. Волькенштейн. Биофизика, "НАУКА", Москва, 1988.

5. М.В. Волькенштейн. Общая Биофизика, “НАУКА”, Москва, 1978.
6. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Том II. Термодинамика и молекулярная физика. “Физматлит”, Москва, 2005.
7. И. П. Базаров Термодинамика. «Высшая школа», Москва, 1991.
8. Кантор Ч., Шиммель П. Биофизическая химия. «Мир», Москва, 1982.
9. Ленинджер А. Основы биохимии. «Мир», Москва, 1985.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Термодинамика биологических систем».

Обучение по представленной программе производится на базе современного оборудования: сканирующих микрокалориметров СКАЛ-1 и ДАСМ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 06.06.01 «Биологические науки».

Автор _____ д.ф.-м.н, профессор О.В. Коломыткин