

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова» Белорусского
государственного университета



УТВЕРЖДАЮ

Директор

МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ

О. И. Родькин

2023 г.

Регистрационный № УД-1293-23 /уч.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности:

6-05-0533-03 Медицинская физика

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0533-03-2023 от 01.09.2023 и учебного плана учреждения высшего образования № 158-23/уч. от 07.04.2023 специальности 6-05-0533-03 Медицинская физика

СОСТАВИТЕЛЬ:

Е. В. Федоренчик, старший преподаватель кафедры общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра физико-математических дисциплин Института информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

В. В. Журавков, заведующий кафедрой информационных технологий в экологии и медицине учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 29.05. 2023);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 31.05. 2023)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Молекулярная физика» модуля «Общая физика» представляет собой неотъемлемую часть базового курса физики и изучает термические, тепловые и другие свойства макроскопических тел статистическим и термодинамическим методами. Статистический метод исходит из представления о молекулярном строении вещества. Он основан на методах теории вероятности и математической статистики. Термодинамический метод основан на общих принципах или началах термодинамики, являющихся обобщением опытных фактов.

Основной целью преподавания дисциплины является формирование представления о том, что свойства вещества и процессы, происходящие в телах, обусловлены их дискретным строением, а также движением и взаимодействием частиц тела.

Задачи дисциплины:

- формирование представлений о методах описания свойств материальных тел и их моделях;
- изучение и понимание сущности основных законов молекулярной физики и термодинамики;
- освоение методов экспериментального исследования;
- развитие умений и навыков по применению полученных знаний для решения конкретных теоретических и практических задач.

Изучение и усвоение дисциплины предполагает владение следующими компетенциями:

БПК-13. Использовать основные законы и модели классической термодинамики и молекулярно-кинетической теории при исследовании газов, жидкостей, твердых тел, тепловых и диффузионных процессов, пользоваться в работе приборами для измерения макроскопических характеристик веществ

В результате изучения дисциплины «Молекулярная физика» студент должен

знать:

- статистический и термодинамический подходы к описанию термодинамических систем;
- законы термодинамики;
- свойства реальных газов и жидкостей;
- применение законов молекулярно-кинетической теории и термодинамики в медицине;
- основные молекулярно-кинетические и термодинамические представления о функционировании биополимеров и биологических мембран;

уметь:

- выполнять расчеты термодинамических процессов;
- использовать статистические распределения при решении задач;

владеть:

- методами экспериментальных исследований термодинамических систем;
- методами обработки результатов экспериментальных исследований;
- математическими методами решения задач по молекулярной физике и термодинамике.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины рассчитано на 180 ч. Аудиторное количество часов – 96, из них лекций – 38 ч, лабораторных занятий – 28 ч, практических занятий – 30 ч.

Форма получения высшего образования – дневная.

Форма текущей аттестации – экзамен во 2 семестре.

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение

Молекулярная физика. Предмет, задачи и методы молекулярной физики. Модели идеального, реального газа.

2. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики

Случайные величины. Частотное определение вероятности. Плотность вероятности. Теоремы сложения и умножения вероятностей взаимоисключающих событий. Нормировка вероятностей. Среднее значение случайных величин. Дисперсия. Функция распределения.

3. Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества

Микроскопическое состояние. Макроскопическое состояние. Равновесное состояние. Ансамбль статистических систем. Различие микросостояний. Постулат равновероятности микросостояний. Среднее по ансамблю и среднее по времени. Эргодическая гипотеза. Вероятность макросостояния. Формула вероятности макросостояния. Формула Стирлинга. Биноминальное распределение. Распределения Пуассона и Гаусса. Флуктуации.

4. Распределение Максвелла

Распределение Максвелла по компонентам скорости. Распределение Максвелла по абсолютному значению скорости. Характерные скорости. Приведенное распределение Максвелла. Число молекул в различных участках распределения Максвелла. Число ударов молекул о стенку. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Основные газовые законы. Границы применимости распределения Максвелла. Экспериментальная проверка распределения Максвелла.

5. Распределение Больцмана

Закон Больцмана. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Экспериментальное подтверждение распределения Больцмана. Опыты Перрена. Модель атмосферы Земли. Рассеяние атмосферы планет.

6. Температура

Термодинамическое равновесие. Понятие температуры. Температурные точки. Эмпирические шкалы температур. Идеально-газовая шкала температур. Шкала Кельвина. Виды термометров. Международная практическая шкала температур.

7. Первое начало термодинамики

Основные понятия термодинамики. Внутренняя энергия тел. Калорическое и термическое уравнение состояния. Работа. Количество теплоты. Первое начало термодинамики. Теплоемкость изотропных и

однородных тел. Внутренняя энергия идеального газа. Теплоемкость идеального газа. Расхождение теории теплоемкостей идеального газа с экспериментом. Изопрцессы в идеальном газе, политропный и адиабатический процессы. Применение 1 начала термодинамики к изопрцессам.

8. Второе начало термодинамики

Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Циклические процессы. Тепловая машина. К.П.Д. цикла. Холодильная машина и нагреватель. Цикл Карно. Первая теорема Карно. Вторая теорема Карно. Второе начало термодинамики в формулировках Клаузиуса и Томсона (Кельвина). Равенство Клаузиуса. Энтропия. Энтропия идеального газа. Неравенство Клаузиуса. Изменение энтропии при необратимых процессах. Закон не убывания энтропии в замкнутой системе. Статистический характер второго начала термодинамики.

9. Реальные газы

Силы межмолекулярного взаимодействия. Ионная связь. Ковалентная связь. Силы Ван-дер-Ваальса. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Приведенное уравнение состояния. Теоретические изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Экспериментальные изотермы. Перегретая жидкость. Пузырьковая камера. Переохлажденный пар. Камера Вильсона.

Отклонения свойств реальных газов от идеальных. Эффект Джоуля – Томсона. Эффект Джоуля – Томсона для газа Ван-дер-Ваальса. Сжижение газов. Свойства веществ при температуре близкой к 0 К.

10. Жидкости

Свойства и структура жидкостей. Поверхностное натяжение. Условия равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость – твердое тело. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Капиллярные явления. Поверхностно-активные вещества. Динамическое равновесие на границе жидкость – пар. Давление насыщенных паров вблизи искривленной поверхности жидкости.

11. Фазовые переходы

Фазовые переходы первого и второго рода. Переход из газообразного состояния в жидкое (испарение и кипение, конденсация). Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Зависимость давления насыщенных паров от температуры. Фазовая диаграмма жидкость-пар. Насыщенный пар.

Кристаллизация и плавление. Сублимация. Фазовые диаграммы. Аномальные вещества. Полиморфизм. Жидкие кристаллы.

12. Кинематические характеристики молекулярного движения. Процессы переноса

Поперечное сечение. Средняя длина свободного пробега молекул. Частота столкновений. Экспериментальное определение длины свободного пробега молекул.

Основные законы. Процессы переноса в газах. Взаимодиффузия в газе из различных молекул. Физические явления в разреженных газах. Теплопередача, диффузия и трение. Взаимодействие молекул с поверхностью твердого тела.

13. Твердые тела

Симметрия твердых тел. Точечные группы симметрии. Зеркальные изомеры. Кристаллические решетки. Примитивная решетка. Неоднозначность выбора базиса примитивной решетки. Элементы симметрии решетки. Обозначения атомных плоскостей и направлений. Тепловое расширение твёрдых тел. Теплоёмкость твёрдых тел. Реальные кристаллы. Дислокации. Физические процессы в кристаллах при деформациях.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				
		лекции	практические (семинарские)	лабораторные занятия	иное	формы контроля знаний
1	2	3	4	5	7	8
1	Введение	1			метод. пособие	опрос
2	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики	2	2		метод. пособие	самост. работа
3	Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества	1	2		метод. пособие	опрос
4	Распределение Максвелла	6	6	4	метод. пособие	самост. работа
5	Распределение Больцмана	2	2		метод. пособие	самост. работа
	Контрольная работа		2			
6	Температура	0,5				опрос
7	Первое начало термодинамики	6	4	4	метод. пособие	тест, сам. раб.
8	Второе начало термодинамики	6	4	8	метод. пособие	сам. раб.
9	Реальные газы	5	2		метод. пособие	сам. раб.
10	Жидкости	2	2	4	метод. пособие	тест
11	Фазовые переходы	2	1	4	метод. пособие	тест
12	Кинематические характеристики молекулярного движения. Процессы переноса	4	1	4	метод. пособие	сам. раб.
13	Твердые тела	0,5				опрос
	Контрольная работа		2			
ВСЕГО		38	30	28		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА***Основная*

1. Гершензон, Е. М. Молекулярная физика : учеб. пособие / Е. М. Гершензон, Н. Н. Малов, А. Н. Мансуров. – М. : Академия, 2000. – 272 с.
2. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. – 13-е изд. – М. : Лаборатория знаний, 2020. – 431 с.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика / Д. В. Сивухин. – 5-е изд., испр. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 544 с.
4. Ташлыкова-Бушкевич, И. И. Физика : учебник : в 2 ч. Ч. 1 : Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2014. – 303 с.

Дополнительная

5. Апанасевич, Е. Е. Пособие по решению задач по физике (Механика) : учеб.-метод. пособие / Е. Е. Апанасевич, Е. Л. Бокатая, Е. В. Федоренчик. – Минск : МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2010. – 108 с.
6. Курс общей физики. Ч. I : Механика. Основы термодинамики, физики реальных газов, жидкостей и твердого тела. – Киев : Дніпро, 1994. – 350 с.
7. Луцевич, А. А. Физика / А. А. Луцевич, С. В. Яковенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2000. – 495 с.
8. Луцевич, А. А. Физика: весь школьный курс в таблицах / А. А. Луцевич. – Минск : Юнипресс, 2010. – 416 с.
9. Методические указания и задания для самостоятельного решения по термодинамике и молекулярной физике / Е. Л. Бокатая [др.]. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2006. – 54 с.
10. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебник для вузов : в 3 томах / И. В. Савельев. – 17-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021 – Том 1 : Механика. Молекулярная физика. – 2021. – 436 с.
11. Трофимова, Т. И. Курс физики с примерами решения задач в 2-х томах. Том 2 / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. – М. : КноРус, 2019. – 352 с.
12. Трофимова, Т. И. Физика: учебник для инженерно-технических специальностей вузов / Т. И. Трофимова. – М. : Академия, 2017. – 557 с.
13. Фриш, С. Э. Курс общей физики : учебник : в 3 т. / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. – 10-е изд., стер. – СПб : Лань, 2009. – 656 с.

Инновационные подходы и методы к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

В процессе чтения лекций используются мультимедиа презентации с использованием видео- и аудио- технологий демонстрации физических понятий и их связи с окружающим миром.

В процессе проведения практических заданий используются дидактические материалы, включающие задачи повышенной сложности. Использование дидактических материалов позволяет работать хорошо успевающим студентам с большим коэффициентом полезного действия.

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов с рекомендуемыми учебно-методическими материалами, Internet-источниками и другими источниками. Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ по темам и разделам курса (модуля).

Темы самостоятельных работ:

1. Температура. Методы измерения температуры.
2. Уравнение состояния идеального газа, изопроцессы. Теплоемкость.
3. Экспериментальное подтверждение распределения Максвелла, распределения Больцмана. Опыты Штерна, Перрена.
4. Функции распределения молекул, определение усредненных значений кинематических характеристик молекул идеального газа.
5. Теплоемкости реальных газов, опыты по определению теплоемкости. Расхождения экспериментальных и теоретических значений теплоемкостей газов.
6. Применение первого начала термодинамики в различных изопроцессах. Работа в термодинамике.

7. Расчет К.П.Д. циклических процессов. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа. Вычисление К.П.Д. с помощью энтропии.
8. Газ Ван-дер-Ваальса, фазовые переходы, насыщенные пары.
9. Длина свободного пробега, число столкновений в единицу времени, теплопроводность, вязкое трение, диффузия.
10. Симметрия твердых тел. Точечные группы симметрии. Зеркальные изомеры. Кристаллические решетки. Примитивная решетка. Неоднозначность выбора базиса примитивной решетки. Элементы симметрии решетки. Обозначения атомных плоскостей и направлений.
11. Тепловое расширение твёрдых тел. Теплоёмкость твёрдых тел. Реальные кристаллы. Дислокации. Физические процессы в кристаллах при деформациях.

Темы лабораторных занятий:

1. Теплоемкости. Анализ возможности определения отношения теплоемкостей газов методом Клемана -Дезорма.
2. Явления переноса. Анализ возможности определения коэффициента теплопроводности воздуха.
3. Явления переноса Анализ возможности определения коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара.
4. Явления переноса Анализ возможности определения кинематической вязкости жидкости.
5. Свойства жидкости. Анализ возможности определения поверхностного натяжения жидкости методом Ребиндера.
6. Распределение Максвелла. Анализ зависимости вида функции распределения от температуры.
7. Изучение фазовых переходов 1-го рода. Анализ возможности определения теплоты испарения жидкости.
8. Первое начало термодинамики. Анализ применения первого начала термодинамики к изопротессам.
9. Второе начало термодинамики. Анализ определения КПД циклических процессов.

Темы контрольных работ:

1. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа. Статистические распределения. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана.
2. Первое начало термодинамики. КПД циклов тепловых машин. Термодинамические потенциалы. Реальные газы. Явления переноса.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

Целями самостоятельной работы (СР) студентов являются:

- активизация учебно-познавательной деятельности студентов;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного применения знаний на практике;
- саморазвитие и самосовершенствование.
- СР выполняется по заданию и при методическом руководстве лица из числа профессорско-преподавательского состава (далее — преподаватель) и контролируется на определенном этапе обучения преподавателем (далее этот тип СР называется управляемой самостоятельной работой обучающихся - УСР).

Принципы планирования и организации СР:

- соответствие объема самостоятельной работы реальному бюджету времени обучающегося, выделяемого на СР и УСР;
- равномерность проведения СР в течение семестра;
- увеличение удельного веса СР от семестра к семестру;
- системность и регулярность проведения контроля СР.

Обязательными условиями эффективной организации СР по учебной дисциплине являются:

- наличие научно-методического обеспечения СР по учебной дисциплине;
- использование рейтинговой системы оценки знаний по учебной дисциплине.

Научно-методическое обеспечение СР по учебной дисциплине включает:

- перечни заданий и контрольных мероприятий УСР по учебной дисциплине;
- учебную, справочную, методическую, иную литературу и ее перечень;
- учебно-методические комплексы, в том числе электронные;
- доступ для каждого обучающегося к библиотечным фондам, электронным средствам обучения, электронным информационным ресурсам (локального доступа, удаленного доступа) по учебной дисциплине;
- фонды оценочных средств: типовые задания, контрольные работы, тесты, алгоритмы выполнения заданий, примеры решения задач, тестовые задания для самопроверки и самоконтроля, тематика рефератов, методические разработки по инновационным формам обучения и диагностики компетенций;

Время, отведенное на СР, используется обучающимися на:

- проработку тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- выполнение типовых расчетов;
- решение задач;
- составление алгоритмов, схем;
- выполнение исследовательских и творческих заданий;

- подготовку сообщений, тематических докладов, рефератов, презентаций;
- выполнение практических заданий;
- конспектирование учебной литературы;
- подготовку отчетов;
- составление обзора научной (научно-технической) литературы по заданной теме;
- выполнение патентно-информационного поиска;
- аналитическую обработку текста (аннотирование, реферирование, рецензирование, составление резюме);
- подготовку докладов;
- подготовку презентаций;
- составление тестов;
- изготовление макетов, лабораторно-учебных пособий;
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников.

Таким образом, задания УСР по учебной дисциплине рекомендуется делить на три модуля:

- задания, формирующие достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания;
- задания, формирующие компетенции на уровне воспроизведения;
- задания, формирующие компетенции на уровне применения полученных знаний.

Каждый модуль заданий УСР включает в обязательном порядке задачи профессионально-направленного содержания.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

С целью диагностики знаний, умений и навыков студентов по данной дисциплине рекомендуется использовать:

- 1) контрольные работы;
- 2) самостоятельные работы;
- 3) коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу;
- 4) устный опрос в ходе практических занятий;
- 5) проверку конспектов лекций студентов;

Протокол согласования учебной программы

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Согласования с другими дисциплинами не требуется			