

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-1d66 23 /уч.



МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности:

7-07-0533-03 Ядерная и радиационная безопасность

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-07-0533-03-2023 от 10.08.2023 и учебного плана учреждения высшего образования № 161-23/уч. от 07.04.2023 специальности 7-07-0533-03 Ядерная и радиационная безопасность

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 мая 2023);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 31 мая 2023)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Молекулярная 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. Дисциплина «Молекулярная физика» необходима для изучения специальных дисциплин (дозиметрия, радиохимия, теплотехника, материаловедение и технология конструкционных материалов, кинетика и динамика ядерных реакторов и др.).

Цель учебной дисциплины – формирование представления о том, что свойства вещества и процессы, происходящие в веществах, обусловлены их дискретным строением, а также движением и взаимодействием частиц вещества.

Задачи учебной 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.

Обучающийся должен владеть следующими компетенциями:
БПК-5. Применять знания классической термодинамики и молекулярно-кинетической теории при исследовании газов, жидкостей, твердых тел, тепловых и диффузионных процессов, работать с приборами для измерения макроскопических характеристик веществ.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

- общие методы измерений физических величин;
- классический статистический и термодинамический подходы к описанию молекулярных явлений;
- законы термодинамики;
- классические и квантовые статистики распределения частиц;
- свойства реальных газов и жидкостей и твердых тел

уметь:

- выполнять расчеты термодинамических процессов;
- использовать статистические распределения при решении задач;
- работать с приборами для измерения макроскопических характеристик веществ;
- применять знания классической термодинамики и молекулярно-кинетической теории при исследовании газов, жидкостей, твердых тел, тепловых и диффузионных процессов;

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 общее количество часов 216. Аудиторное количество часов 120, из них: лекции – 40 ч, практические занятия – 40 ч, лабораторные занятия – 40 ч.

Форма получения высшего образования – дневная.

Форма текущей аттестации – зачет и экзамен во 2 семестре.

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение

Молекулярная физика. Модель материального тела. Атомы и молекулы. Степени свободы молекул. Энергия молекул. Взаимодействие молекул. Методы описания систем многих частиц. Агрегатные состояния вещества. Модель идеального газа.

2. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики

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

3. Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества

Микроскопическое состояние. Макроскопическое состояние. Равновесное состояние. Статистический ансамбль систем. Различие микросостояний. Постулат равновероятности микросостояний. Среднее по ансамблю и среднее по времени. Эргодическая гипотеза. Формулы элементарной комбинаторики. Формула вероятности макросостояния. Формула Стирлинга. Распределения Пуассона и Гаусса. Флуктуации.

4. Распределение Максвелла

Классическая статистика Максвелла-Больцмана. Распределение молекул по скоростям. Скоростное пространство. Распределение Максвелла по скорости. Распределение Максвелла по компонентам скорости. Распределение Максвелла по абсолютному значению скорости. Характерные скорости. Приведенное распределение Максвелла. Число молекул в различных участках распределения Максвелла. Границы применимости распределения Максвелла. Экспериментальная проверка распределения Максвелла. Теорема о равнораспределении энергии по степеням свободы. Число ударов молекул о стенку. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Вывод основных газовых законов: уравнение состояния идеального газа Менделеева-Клапейрона, закон Дальтона, закон Авогадро. Распределение Ферми-Дирака. Распределение Бозе-Эйнштейна. Предельные случаи распределений Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

5. Распределение Больцмана

Закон Больцмана распределения в потенциальных полях. Распределение Больцмана в поле силы тяжести Земли. Экспериментальное подтверждение распределения Больцмана. Опыты Перрена. Барометрическая формула. Модель атмосферы Земли. Рассеяние атмосферы планет.

6. Температура

Термодинамическое равновесие. Понятие температуры. Температурные реперные точки, термометрические тела. Эмпирические шкалы температур. Идеально-газовая шкала температур. Шкала Кельвина. Виды термометров. Международная практическая шкала температур. Абсолютная термодинамическая шкала температур. Отрицательные абсолютные температуры.

7. Первое начало термодинамики

Основные понятия и постулаты термодинамики. Внутренняя энергия тел. Калорическое и термическое уравнение состояния. Количество теплоты. Работа. Первое начало термодинамики. Теплоемкость изотропных и однородных тел. Внутренняя энергия идеального газа. Теплоемкость идеального газа. Расхождение теории теплоемкостей идеального газа с экспериментом. Изопроцессы в идеальном газе, уравнения процессов, графики процессов. Политропный процесс. Применение первого начала термодинамики в изопроцессах.

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. К.П.Д. цикла Карно для идеального газа. Формулировка Клаузиуса и Томсона (Кельвина) второго начала термодинамики. Доказательство эквивалентности этих формулировок. Первая теорема Карно. Равенство Клаузиуса. Энтропия. Энтропия идеального газа. Вторая теорема Карно. 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. Отклонения свойств реальных газов от идеальных. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния. Приведенное уравнение состояния. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы. Переход из газообразного состояния в жидкое. Критическое состояние. Насыщенный пар. Свойства критического состояния вещества. Поведение двухфазной системы при изменении температуры при постоянном объеме. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Зависимость давления насыщенных паров от температуры. Фазовая диаграмма жидкость-пар.

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. Кипение. Перегретая жидкость. Пузырьковая камера. Переохлажденный пар. Камера Вильсона.

11. Растворы

Жидкие растворы. Растворимость. Теплота растворения. Идеальные растворы. Закон Рауля. Закон Генри. Зависимость растворимости от температуры. Диаграмма состояния раствора. Кипение жидких растворов. Диаграмма состояния бинарных смесей. Осмотическое давление. Основные качественные сведения о сплавах, твердых растворах и полимерах.

12. 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.

13. Фазовые переходы

Фазовые переходы первого и второго рода. Кристаллизация и плавление. Сублимация. Фазовые диаграммы. Аномальные вещества. Полиморфизм. Жидкие кристаллы.

14. Кинематические характеристики молекулярного движения. Явления переноса

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

Основные законы. Явления переноса в газах. Взаимодиффузия в газе из различных молекул. Физические явления в разреженных газах. Теплопередача, диффузия и трение. Взаимодействие молекул с поверхностью твердого тела. Явления переноса в сосудах, сообщающихся через пористую перегородку. Основные особенности явлений переноса в твердых телах и жидкостях.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Иное	
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение	2			метод. пособие	опрос
2	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики	2	4		метод. пособие	самост. работа
3	Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества	2	2		метод. пособие	опрос
4	Распределение Максвелла	6	6		метод. пособие	самост. работа
5	Распределение Больцмана	2	4		метод. пособие	тест
	Контрольная работа №1		2			
6	Температура			4	метод. пособие	самост. работа
7	Первое начало термодинамики	4	4	4	метод. пособие	самост. работа
8	Второе начало термодинамики	6	6	4	метод. пособие	тест
9	Реальные газы	4	4	4	метод. пособие	опрос
10	Жидкости	4	2	8	метод. пособие	тест, самост. работа
11	Растворы	1			метод. пособие	самост. работа
12	Твердые тела	1			метод. пособие	самост. работа
13	Фазовые переходы	2	2	4	метод. пособие	тест
14	Кинематические характеристики молекулярного движения. Явления переноса	4	2	12	метод. пособие	тест
	Контрольная работа №2		2			
ВСЕГО		40	40	40		

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. 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.
4. 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.
5. 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

6. 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.
7. Курс общей физики. Ч. I : Механика. Основы термодинамики, физики реальных газов, жидкостей и твердого тела. – Киев : Дніпро, 1994. – 350 с.
8. Луцевич, А. А. Физика / А. А. Луцевич, С. В. Яковенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2000. – 495 с.
9. Луцевич, А. А. Физика: весь школьный курс в таблицах / А. А. Луцевич. – Минск : Юнипресс, 2010. – 416 с.
10. 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.
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. Экспериментальное подтверждение распределения Максвелла, распределения Больцмана. опыты Штерна, Перрена.
3. Теплоемкости реальных газов, опыты по определению теплоемкости. Расхождения экспериментальных и теоретических значений теплоемкостей газов.
4. Дефекты кристаллических решеток.
5. Осмос. Осмотическое давление.
6. Основные качественные сведения о сплавах, твердых растворах и полимерах

Темы лабораторных занятий

1. Определение параметров влажного воздуха.
2. Определение отношения теплоемкостей газов методом Клемана – Дезорма.
3. Определение теплоты испарения жидкости.
4. Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара.
5. Определение коэффициента теплопроводности.
6. Определение поверхностного натяжения жидкости методом Ребиндера.
7. Определение коэффициента кинематической вязкости жидкости методом Стокса.
8. Определение поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца.
9. Определение термического коэффициента давления газов.
10. Изучение фазовых переходов 1-го рода.

Темы контрольных работ

1. Уравнение состояния идеального газа. Статистические распределения. Распределение Максвелла.
2. Первое начало термодинамики. КПД циклов тепловых машин. 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;
- подготовку сообщений, тематических докладов, рефератов, презентаций;
- выполнение практических заданий;
- конспектирование учебной литературы;
- подготовку отчетов;
- подготовку докладов и 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			