

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

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по учебной
и воспитательной работе

МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

И. Э. Бученков

« 18 » 06 2019 г.

Регистрационный № УД-824-19/уч.

ФИЗИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО №1-100 01 01-2013 и учебного плана учреждения высшего образования № 46-14/уч. по специальности 1-100 01 01 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:

А. И. Тимощенко, заведующий кафедрой ядерной физики учреждения образования «Белорусский государственный университет», кандидат физико-математических наук, доцент;

В. А. Иванюкович, заведующий кафедрой экологических информационных систем учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 14.06. 2019);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 18.06. 2019)

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 «Физика. 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 – представить механику как стройную теорию механического движения макроскопических тел, подтверждаемую всей совокупностью экспериментальных фактов.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование представления о методах описания механического движения материальных тел и их моделях;
- изучение и понимание сущности основных законов механики;
- освоение методов экспериментальных исследований;
- развитие умений и навыков по применению полученных знаний для решения конкретных теоретических и практических задач.

Обучающийся должен владеть следующими компетенциями: применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, методов исследования, методов измерения физических величин, методов планирования, организации и ведения производственно-технической и экспериментальной работы.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

- общие методы измерений физических величин;
- статистический и термодинамический подходы к описанию молекулярных явлений;
- законы термодинамики;
- свойства реальных газов и жидкостей и твёрдых тел;

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 типовым учебным планом изучение дисциплины рассчитано на общее количество часов 290. Аудиторное количество часов 160, из них: лекции – 50 ч, практические занятия – 50 ч, лабораторные занятия – 60 ч. Форма получения высшего образования – дневная. Форма текущей аттестации – зачет и экзамен во II семестре.

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 взаимоисключающих событий. Нормировка вероятностей. Теорема сложения вероятностей в общем случае. Условная вероятность. Теорема умножения. 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. Микроканонический ансамбль. Различие микросостояний. Постулат равновероятности микросостояний. Среднее по ансамблю и среднее по времени. Эргодическая гипотеза. Формулы элементарной комбинаторики. Вероятность макросостояния. Расчет вероятности макросостояния идеального газа. Формула вероятности макросостояния. Формула Стирлинга. Биномиальное распределение. Распределения Пуассона и Гаусса. Флуктуации.

4. Распределение Максвелла

Распределение молекул по скоростям. Скоростное пространство. Распределение Максвелла по скорости. Принцип детального равновесия. 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 равномерном распределении энергии по степеням свободы. Число ударов молекул о стенку. Основное уравнение кинетической теории газов.

5. Распределение Больцмана

Закон Больцмана. Распределение Больцмана. Распределение Максвелла – Больцмана. Понятие о распределении Гиббса. Экспериментальное подтверждение распределения Больцмана. опыты Перрена. Барометрическая формула. Модель атмосферы Земли. Рассеяние атмосферы планет.

6. Броуновское движение

Броуновское движение. опыты Перрена. Вращательное броуновское движение. Опыт Каплера.

7. Температура

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

8. Первое начало термодинамики

Внутренняя энергия тел. Калорическое и термическое уравнение состояния. Количество теплоты. Работа. Первое начало термодинамики. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы. Релаксация. Термические и тепловые свойства тел. Теплоемкость изотропных и однородных тел. Внутренняя энергия идеального газа. Теплоемкость идеального газа. Расхождение теории теплоемкостей идеального газа с экспериментом. Элементы квантовой теории теплоемкостей. Изопроецессы в идеальном газе. Уравнение политропного процесса. Работа при изопроецессах. Скорость звука в газах. Уравнение Бернулли.

9. Второе начало термодинамики

Тепловая машина. Циклические процессы. 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. Абсолютная термодинамическая шкала температур. Отрицательные абсолютные температуры. Равенство Клаузиуса. Энтропия. Энтропия идеального газа. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Изменение энтропии при необратимых процессах. Закон необувания энтропии в замкнутой системе. Роль энтропии в производстве работы. Статистический характер второго начала термодинамики. Понятие о термодинамических потенциалах. Критерии устойчивости термодинамических систем. Принцип Ле Шателье – Брауна.

10. Реальные газы

Силы межмолекулярного взаимодействия. Ионная связь. Ковалентная связь. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Ленарда – Джонса. Переход из газообразного состояния в жидкое. Экспериментальные изотермы. 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. Отклонения свойств реальных газов от идеальных. Вириальное уравнение состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Правило Максвелла. Метастабильные состояния. Приведенное уравнение состояния. Закон соответственных состояний. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля – Томсона. Эффект Джоуля – Томсона для газа Ван-дер-Ваальса. Сжижение газов. Свойства веществ при температуре близкой к 0 К.

11. Жидкости

Свойства и структура жидкостей. Парная функция распределения. Теплоёмкость 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.

12. 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.

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 твердых тел. Теплоёмкость твердых тел. Реальные кристаллы. Дислокации. Физические процессы в кристаллах при деформациях.

14. Фазовые переходы

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

15. Кинематические характеристики молекулярного движения

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

16. Процессы переноса

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. Явления 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 | 1 | | | метод. пособие | |
| 2 | Основные понятия теории вероятностей и математической статистики | 2 | 4 | | метод. пособие | |
| 3 | Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества | 4 | 4 | | метод. пособие | |
| 4 | Распределение Максвелла | 6 | 6 | 4 | метод. пособие | самост. работа |
| 5 | Распределение Больцмана | 3 | 4 | 4 | метод. пособие | тест |
| 6 | Контрольная работа | | 2 | | | |
| 7 | Броуновское движение | 2 | | 4 | метод. пособие | тест |
| 8 | Температура | 2 | | 4 | метод. пособие | самост. работа |
| 9 | Первое начало термодинамики | 6 | 6 | 8 | метод. пособие | самост. работа |
| 10 | Второе начало термодинамики | 6 | 6 | 8 | метод. пособие | тест |
| 11 | Реальные газы | 4 | 6 | | метод. пособие | |
| 12 | Жидкости | 4 | 2 | 4 | метод. пособие | тест, самост. работа |
| 13 | Растворы | 2 | | | метод. пособие | |
| 14 | Твердые тела | 2 | | | метод. пособие | самост. работа |
| 15 | Фазовые переходы | 2 | 4 | 4 | метод. пособие | тест |
| 16 | Кинематические характеристики молекулярного движения | 2 | 2 | 8 | метод. пособие | |
| 17 | Процессы переноса | 2 | 2 | 12 | метод. пособие | тест |
| 18 | Контрольная работа | | 2 | | | |
| ВСЕГО | | 50 | 50 | 60 | | |

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

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

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.

Темы лабораторных занятий

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

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;
- 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.

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;

ЛИТЕРАТУРА***Основная***

1. Трофимова, Т. И. Основы физики. Молекулярная физика. Термодинамика / Т. И. Трофимова. – М.: КноРус, 2011. – 192 с.
2. Савельев, И. В. Курс общей физики: в 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев. – СПб.: Лань, 2016. – 432 с.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 5 т. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика / Д. В. Сивухин. – М.: Физматлит, 2014. – 544 с.
4. Кикоин, А. К. Молекулярная физика: учеб. пособие / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин. – СПб.: Лань, 2014. – 480 с.
5. Иродов, И. Е. Физика макросистем. Основные законы / И. Е. Иродов. – С-П.: Физматлит, 2001. – 196 с.
6. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике / И. Е. Иродов. – СПб.: Лань, 2006. – 417 с.
7. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М.: ИЦ Академия, 2012. – 560 с.
8. Матвеев, А. Н. Молекулярная физика: учеб. пособие / А. Н. Матвеев. – СПб.: Лань, 2010. – 368 с.

Дополнительная

1. Савельев, И. В. Курс физики: в 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев. – СПб.: Лань, 2016. – 352 с.
2. Телеснин, В. Р. Молекулярная физика: учеб. пособие / В. Р. Телеснин. – СПб.: Лань, 2009. – 368 с.
3. Ландсберг, Г. С. Элементарный учебник физики. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика: учеб. пособие / Г. С. Ландсберг. – М.: Физматлит, 2016. – 612 с.
4. Суворов, Н. Н. Курс физики с примерами решения задач. Ч. I. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика: учеб. пособие / Н. Н. Суворов. – СПб.: Лань, 2014. – 464 с.
5. Абт, Ф. Молекулярная физика в жизни, технике и природе: учеб. пособие / Ф. Абт. – СПб.: Лань, 2016. – 624 с.
6. Иванов, А. Е. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: учебник / А. Е. Иванов, С. А. Иванов. – М.: КноРус, 2012. – 952 с.
7. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. Ч. I. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика / С. И. Кузнецов. – СПб.: Лань, 2014. – 464 с.
8. Фриш, С. Э. Курс общей физики: учебник: в 3 т. Т. 1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. – СПб.: Лань, 2008. – 480 с.
9. Наркевич, И. И. Физика / И. И. Наркевич, Э. И. Волмянский, С. И. Лобко. – Минск: Новое знание, 2004. – 679 с.

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) |
|--|-------------------------|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |