

Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
учреждения образования
«Полоцкий государственный
университет»



Ю.П. Голубев

«28» 12 2021 г.

Регистрационный № УД- 179/21уч.

Модуль «Молекулярная физика»

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 08 Компьютерная физика

2021 г.

Учебная программа составлена на основе типовой учебной программы для высших учебных заведений по специальности 1-31 04 08 «Компьютерная физика», регистрационный номер № ТД – G.540/тип. от 07.09.2015 г. и учебного плана по специальности 1-31 04 08 «Компьютерная физика» регистрационный № 06-20/уч. ФКНЭ от 28.12.2020 г.



СОСТАВИТЕЛИ:

Сергей Ананьевич Вабишевич, заведующий кафедрой физики учреждения образования «Полоцкий государственный университет», к.ф.-м.н., доцент

Боровкова Евгения Сергеевна, старший преподаватель кафедры физики учреждения образования «Полоцкий государственный университет»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики учреждения образования «Полоцкий государственный университет»

(протокол № 5 от «18» ноября 2021 г.);

Методической комиссией факультета компьютерных наук и электроники учреждения образования «Полоцкий государственный университет»
(протокол № 4 от «11» декабря 2021 г.)

Научно-методическим советом учреждения образования «Полоцкий государственный университет»

(протокол № 3 от «18» декабря 2021 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «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.

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.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующей базовой профессиональной компетенции:

-БПК-7. Владеть основными понятиями и представлениями термодинамического подхода к описанию физических систем, обладать базовыми навыками экспериментальных исследований газов, жидкостей и твердых тел.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- статистический и термодинамический подходы к описанию термодинамических систем;
- законы термодинамики;
- свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел;

уметь:

- выполнять расчеты термодинамических процессов;
- применять статистические распределения;

владеть:

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

Учебная дисциплина «Молекулярная физика» входит в состав модуля «Молекулярная физика» учебного плана по специальности 1-31 04 08

«Компьютерная физика». Изучается в рамках государственного компонента учебного плана.

Связи с другими дисциплинами:

При изложении материала дисциплины широко используется аппарат дисциплин высшей математики, в связи с чем учебная программа приведена в соответствие и согласована с программами учебных дисциплин «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра».

Знания, полученные при изучении учебной дисциплины, являются основой для теоретического описания других физических явлений, изучаемых в разделах курса общей физики и курса теоретической физики, послужат базой для дальнейшего изучения таких дисциплин, как «Термодинамика и статистическая физика», «Основы квантовой механики», «Физика атома и атомных явлений» и «Физика ядра».

Форма получения высшего образования – дневная.

В соответствии с учебным планом на изучение учебной дисциплины отводится:

Общее количество часов – 288, аудиторных - 152 часа, из них лекции – 32 часа, практические занятия – 48 часов, лабораторные занятия - 72 часа.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

1 курс 2 семестр - 288 часов (8 з.е.), аудиторных - 152 часа, из них лекции – 32 часа, практические занятия – 48 часов, лабораторные занятия – 72 часа; самостоятельная работа студентов 136 часа.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Молекулярная физика»: экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 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.

Тема 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.

Тема 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.

Тема 4. Распределение Максвелла.

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.

Тема 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.

Тема 6. Броуновское движение.

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

Тема 7. Температура.

Термодинамическое равновесие. Понятие температуры. Температурные точки. Эмпирические шкалы температур. Идеально-газовая шкала

температур. Шкала Кельвина. Виды термометров. Международная практическая шкала температур.

Тема 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 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.

Тема 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 неубывания 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.

Тема 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.

Тема 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.

Тема 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.

Тема 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.

Тема 14. Фазовые переходы.

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

Тема 15. Кинематические характеристики молекулярного движения.

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

Тема 16. Процессы переноса.

Основные законы. Процессы переноса в газах. Диффузия в бинарном газе. 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 учебной дисциплины «Молекулярная физика»
(дневная форма получения высшего образования)**

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	управляемая (контролируемая) самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		32	48	72				
1	<p>Тема 1. Введение.</p> <p>Лекции 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.</p> <p>Практические занятия: Опытные газовые законы. Уравнение Клапейрона - Менделеева.</p> <p>Лабораторное занятие: Изучение статистических закономерностей в идеальном газе</p>	2	2 2	4		<p>Лекционная презентация №1.</p> <p>Лабораторная установка</p>	[1-6]	<p>Контрольная мини-работа. Защита отчета по лаб. работе</p>
2.	<p>Тема 2. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики.</p> <p>Лекции 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.</p> <p>Практическое занятие: Основы теории вероятностей.</p>	2	2			<p>Лекционная презентация №2</p>	[1-6], конспект лекций	<p>Контрольная мини-работа.</p>

3.	<p>Тема 3. Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества. Лекции 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.</p> <p>Практические занятия: Статистические распределения для дискретных случайных событий. Статистические распределения для непрерывных случайных событий.</p> <p>Лабораторное занятие: Определение микропараметров молекул воздуха и оценка коэффициентов, характеризующих явление переноса в воздухе.</p>	2	2	2	4	<p>Лекционная презентация №3</p> <p>Лабораторная установка</p>	[1-6], конспект лекций	<p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Контрольная мини-работа. Защита отчета по лаб. работе.</p>
4.	<p>Тема 4. Распределение Максвелла. Лекции. 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.</p> <p>Практические занятия: Распределение Максвелла по компонентам скорости. Распределение Максвелла по абсолютному значению скорости. Применение распределения Максвелла.</p> <p>Лабораторное занятие Распределение Максвелла.</p>	2	2	2	4	<p>Лекционная презентация №4</p> <p>Лабораторная установка</p>	[1-6], конспект лекций	<p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Контрольная мини-работа. Защита отчета по лаб. работе.</p>

	<p>Адиабатический процесс.</p> <p>Определение отношения теплоемкостей газа при постоянном давлении и при постоянном объеме.</p> <p>Измерение теплоемкостей тел.</p>			4		Лабораторная установка Лабораторная установка Лабораторная установка		<p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p>
9.	<p>Тема 9. Второе начало термодинамики.</p> <p>Лекции 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 неубывания 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.</p> <p>Практические занятия: Циклические процессы. Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.</p> <p>Лабораторное занятие Термодинамические циклы.</p> <p>Цикл Карно.</p> <p>Исследование энтропии тел при теплообмене.</p>	2		2 2 2		<p>Лекционная презентация №9</p> <p>Лабораторная установка Лабораторная установка Лабораторная установка</p>	[1-6], конспект лекций	<p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p>
10.	<p>Тема 10. Реальные газы.</p> <p>Лекции 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</p>	2				<p>Лекционная презентация №10</p>	[1-6], конспект лекций	

	<p>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.</p> <p>Практическое занятие: Реальные газы. Эффект Джоуля-Томсона.</p> <p>Лабораторное занятие</p> <p>Определение коэффициента вязкости воздуха.</p> <p>Определение вязкости жидкости с помощью капиллярного вискозиметра.</p> <p>Изучение состояния газа Ван-дер-Ваальса</p>							<p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p>
11.	<p>Тема 11. Жидкости.</p> <p>Лекции</p> <p>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.</p> <p>Практическое занятие: Поверхностное натяжение.</p> <p>Лабораторное занятие Изучение зависимости температуры кипения от внешнего давления.</p>	2				<p>Лекционная презентация №11</p> <p>Лабораторная установка</p>	<p>[1-6], конспект лекций</p>	<p>Контрольная мини-работа</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p>

12.	<p>Тема 12. Растворы.</p> <p>Лекции 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.</p>	2				Лекционная презентация №12	[1-6], конспект лекций	
13	<p>Тема 13. Твердые тела.</p> <p>Лекции 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. Теплоемкость твердых тел. Реальные кристаллы. Дислокации. Физические процессы в кристаллах при деформациях.</p> <p>Лабораторное занятие Определение тепловых характеристик металлов методом температурной волны.</p>	2			4	Лекционная презентация №13 Лабораторная установка	[1-6], конспект лекций	Защита отчета по лаб. работе.
14	<p>Тема 14. Фазовые переходы.</p> <p>Лекции Фазовые переходы первого и второго рода. Кристаллизация и плавление. Сублимация. Фазовые диаграммы. Аномальные вещества. Полиморфизм. Жидкие кристаллы.</p> <p>Практические занятия: Фазовые превращения. Критическое состояние вещества.</p> <p>Лабораторное занятие Определение линейной скорости роста кристаллов</p>	2	2 2		4	Лекционная презентация №14 Лабораторная установка	[1-6], конспект лекций	Контрольная мини-работа. Контрольная мини-работа. Защита отчета по лаб. работе.
15	<p>Тема 15. Кинематические характеристики молекулярного движения.</p> <p>Лекции Поперечное сечение. Средняя длина свободного пробега молекул. Частота столкновений. Экспериментальное определение длины свободного пробега молекул.</p> <p>Практическое занятие: Столкновения в газах.</p>	2			2	Лекционная презентация №15	[1-6], конспект лекций	Контрольная мини-работа.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Вабищевич, С.А. Физика: учебное пособие: в 2 частях. Часть 1/ С.А. Вабищевич [и др.]. – Полоцкий государственный университет. – Новополоцк: ПГУ, 2009. – 271 с.
2. Ташлыкова-Бушкевич, И. И. Физика: учебник. В 2 ч. Ч. 2. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – 232 с.
3. Матвеев, А.Н. Молекулярная физика: Учеб. пособие для студентов вузов / А.Н. Матвеев. 3-е изд., М.: ООО «Издательство Оникс»: ООО «Издательство «Мир и Образование», 2006. – 360 с.
4. Общая физика: сборник задач / под общей редакцией В.Р. Соболя. - Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 454 с. - Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего образования по физико-математическим специальностям. -
5. Макаренко, Г.М. Общая физика: практикум: учебное пособие: в 2 частях. Часть 1: Механика. Молекулярная физика. Термодинамика/ Г.М. Макаренко, Д.А. Антонович. – Полоцкий государственный университет. - Новополоцк: ПГУ, 2012. – 358 с.
6. Ветрова, В.Т. Физика: сборник задач/ В.Т.Ветрова. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 442 с.

Дополнительная

1. Савельев, И. В. Курс общей физики/ И.В.Савельев. Т.1-5. – М.: Астрель АСТ, 2003-2004.
2. Трофимова, Т.И. Курс физики: учеб. пособие. – 16 изд., стереотип./ Т.И.Трофимова. – М. Академия, 2008. – 558 с.
3. Наркевич, И.И. Физика/ И.И.Наркевич, Э.И.Волмянский, С. И. Лобко.– Минск: Выш. шк., 2004.
4. Макаренко, Г.М. Курс общей физики: учебное пособие/ Г.М. Макаренко. – Минск : Дизайн ПРО, 2003. – 639 с.
5. Макаренко, Г.М. Краткий справочник по общей физике / Г.М. Макаренко, Д.А. Антонович, Н.В. Вабищевич// Полоцкий государственный университет. - 2-е издание, исправленное и дополненное. – Новополоцк: ПГУ, 2012. – 151 с.
6. Макаренко, Г.М. Физика в вопросах и ответах: учебно-методическое пособие для студентов технических специальностей / Г.М. Макаренко, О.Н. Петрович. – Полоцкий государственный университет, - Новополоцк: ПГУ, 2014. –76 с.

Ф.М. Макаренко О.Н. Петрович

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Опытные газовые законы.
2. Уравнение Клапейрона - Менделеева.
3. Основы теории вероятностей.
4. Статистические распределения для дискретных случайных событий.
5. Статистические распределения для непрерывных случайных событий.
6. Распределение Максвелла по компонентам скорости.
7. Распределение Максвелла по абсолютному значению скорости.
8. Применение распределения Максвелла.
9. Распределение Больцмана.
10. Температура.
11. Термические и тепловые свойства тел.
12. Процессы в идеальном газе.
13. Применение первого начала термодинамики.
14. Циклические процессы.
15. Энтропия.
16. Изменение энтропии в необратимых процессах.
17. Реальные газы.
18. Эффект Джоуля-Томсона.
19. Фазовые превращения.
20. Критическое состояние вещества.
21. Поверхностное натяжение.
22. Столкновения в газах.
23. Явление переноса в газах.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Изучение статистических закономерностей в идеальном газе.
2. Определение микропараметров молекул воздуха и оценка коэффициентов, характеризующих явление переноса в воздухе.
3. Распределение Максвелла.
4. Броуновское движение.
5. Политропный процесс.
6. Адиабатический процесс.
7. Термодинамические циклы.
8. Цикл Карно.
9. Определение отношения теплоемкостей газа при постоянном давлении и при постоянном объеме.
10. Измерение теплоемкостей тел.
11. Исследование энтропии тел при теплообмене.
12. Определение коэффициента вязкости воздуха.
13. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.
14. Определение вязкости жидкости с помощью капиллярного вискозиметра.

15. Изучение зависимости температуры кипения от внешнего давления.
16. Определение тепловых характеристик металлов методом температурной волны.
17. Определение линейной скорости роста кристаллов
18. Диффузия газов.

Примечание: все вышперечисленные работы выполняются студентами на 4-часовом занятии согласно индивидуальному графику, составленному в начале семестра из расчета общего количества часов, отводимых в соответствии с учебной программой.

ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВЫХ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Молекулярная физика. Модель материального тела. Методы описания материальных тел.
2. Атомы и молекулы. Степени свободы молекул. Энергия молекул. Взаимодействие молекул. Агрегатные состояния. Модель идеального газа.
3. Случайные величины. Вероятность. Теоремы сложения. Теоремы умножения.
4. Макроскопическое состояние. Равновесное состояние. Статистический ансамбль систем.
5. Микроскопическое состояние. Различие микросостояний. Постулат равновероятности микросостояний. Среднее по времени и по ансамблю. Эргодическая гипотеза.
6. Вероятность макросостояния идеального газа. Биномиальное распределение. Флуктуации.
7. Распределение Максвелла по абсолютному значению скорости. Границы применимости распределения Максвелла.
8. Основное уравнение кинетической теории газов.
9. Закон Больцмана. опыты Перрена.
10. Барометрическая формула.
11. Броуновское движение.
12. Термодинамическое равновесие. Температура. Эмпирические шкалы температур. Идеально-газовая шкала температур. Шкала Кельвина.
13. Первое начало термодинамики.
14. Изопрцессы в газах. Работа при изопрцессах.
15. Второе начало термодинамики. Доказательство эквивалентности формулировок Томсона (Кельвина) и Клаузиуса.
16. Первая теорема Карно. Абсолютная термодинамическая шкала температур. Невозможность отрицательных абсолютных температур.
17. Неравенство Клаузиуса. Равенство Клаузиуса. Энтропия.
18. Современная формулировка второго начала термодинамики и его статистический характер
19. Экспериментальные изотермы. Критическое состояние вещества. Насыщенный пар. Поведение двухфазной системы при изменении температуры при постоянном объеме.
20. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Фазовая диаграмма жидкость – пар.
21. Отклонение свойств реальных газов от идеальных. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Приведенное уравнение состояния.
- 22.Эффект Джоуля – Томсона для газа Ван-дер-Ваальса. Сжижение газов.
23. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления.
24. Давление насыщенных паров вблизи искривленной поверхности жидкости. Кипение. Перегретая жидкость.
25. Твёрдые тела.
26. Фазовые переходы.

27. Кинематические характеристики молекулярного движения.
28. Процессы переноса. Основные законы.
29. Физические явления в разреженных газах. Теплопередача, диффузия и трение.
30. Основные особенности явлений переноса в жидкостях и твердых телах.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

Диагностика качества усвоения знаний проводится в форме промежуточного контроля и текущей аттестации.

Мероприятия промежуточного контроля проводятся в течение семестра и включают в себя следующие формы контроля:

1. Контрольные мини-работы по темам изучаемой дисциплины.
2. Защита письменных отчетов по лабораторным работам.
3. Индивидуальное домашнее задание для внеаудиторного контроля самостоятельной работы в семестре.
4. Расчетно-графическая работа задание для внеаудиторного контроля самостоятельной работы в семестре.

Результат промежуточного контроля (Π) за семестр оценивается отметкой в баллах по десятибалльной шкале и выводится исходя из отметок, выставленных в ходе проведения мероприятий промежуточного контроля в течение семестра по формуле:

$$\Pi = \frac{ПК_1 + ПК_2 + ПК_3 + ПК_4}{4},$$

где каждое из слагаемых определяется как среднеарифметическое по каждой из форм промежуточного контроля.

Допускается по представлению преподавателя и по решению кафедры физики увеличение результата промежуточного контроля для студентов, принимавших участие в олимпиадах, конкурсах студенческих работ и т.д. (согласно приказу №294 от 06.06.2014)

Текущая аттестация по дисциплине во втором семестре проводится в форме экзамена.

Экзамен проводится в соответствии с Правилами проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования, утвержденными постановлением Министерства образования Республики Беларусь 29.05.2012 № 53 и Положением о рейтинговой системе оценки знаний и компетенций студентов (приказ № 294 от 06.06. 2014г.).

Отметка по экзамену (O) рассчитывается на основе отметки по десятибалльной шкале, полученной студентом за ответы на вопросы по билету.

Итоговая экзаменационная отметка по дисциплине (\mathcal{E}) рассчитывается на основе результата промежуточного контроля (Π) и отметки, полученной студентом за ответ по билету (O) по формуле

$$k\Pi + (1 - k)O = \mathcal{E}$$

где $k = 0,5$ – весовой коэффициент промежуточного контроля (утверждается в начале семестра на заседании кафедры и доводится до сведения студентов на первом занятии).

ХАРАКТЕРИСТИКА ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ К ПРЕПОДАВАНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении учебной дисциплины «Молекулярная физика» используются следующие инновационные подходы:

- Проведение всех видов аудиторных занятий осуществляется с применением компьютерных технологий.
- При организации выполнения студентами лабораторных работ используется эвристический подход, который предполагает:
 - ✓ осознание студентами практического проявления изучаемых физических явлений и законов;
 - ✓ демонстрацию физических устройств, позволяющих измерять необходимые характеристики;
 - ✓ творческую самореализацию обучающихся в ходе самостоятельного выполнения лабораторной работы;
 - ✓ индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно выполнить необходимые измерения, оценить их погрешности, рассчитать заданные величины.
- При организации работы студентов на практических занятиях используется практико-ориентированный подход, который предполагает:
 - ✓ освоение содержания образования через решения конкретных задач по изучаемой теме;
 - ✓ приобретение навыков выбора эффективного метода решения для различных задач;
 - ✓ ориентацию на реализацию групповых обсуждений и организацию совместной деятельности для решения наиболее трудных задач.
- В ходе образовательного процесса студентам предлагается выполнение дополнительных заданий и, таким образом используется метод проектного обучения, который предполагает:
 - ✓ способ организации самостоятельной учебной деятельности студентов, развивающий актуальные для учебной и профессиональной деятельности навыки планирования, самоорганизации, поиска новой информации;
 - ✓ приобретение навыков для решения исследовательских и творческих задач.
- При организации образовательного процесса при обсуждении учебного материала используются методы и приемы развития критического мышления, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с новой теоретической и практической информацией, позволяющие наиболее эффективно ее усваивать в процессе обсуждения на лекциях и практических занятиях.
- Для оценки знаний и компетенций студентов используется рейтинговая система.

- Контроль качества усвоения знаний осуществляется на основе индивидуального дифференцированного подхода при составлении заданий внеаудиторной контрольной работы для самоконтроля и расчетно-графической работы. Отчет о выполнении заданий представляется, согласно учебно-методической карте дисциплины на 7 неделе контрольной работы и 17 неделе расчетно-графической работы текущего семестра обучения. Работа над заданием является индивидуальной, роль преподавателя в ней – консультационная в течение семестра.

- Отдельные темы учебной дисциплины «Молекулярная физика» предлагаются обучаемым для углубленного изучения, что позволяет применять поисковый метод в образовательном процессе. Проект при этом носит индивидуальный характер и направлен на формирование навыков самостоятельного поиска информации, умения ее анализировать и систематизировать, что позволяет выработать у обучающегося компетенции, направленные на получение навыков самообразования, а также поиска, систематизации и представления технической информации. Формы отчетности по указанному виду работы: конспект, доклад на научной студенческой конференции.

- материалы для подготовки ко всем видам проводимых занятий выкладываются на базе платформы Google Classroom.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- углубленное изучение теоретического материала при подготовке к практическим занятиям, мини-контрольным и лабораторным работам;
- подготовка письменных отчетов по выполненным лабораторным работам;
- самостоятельная работа в виде выполнения внеаудиторной индивидуальной домашней работы;
- самостоятельная работа в виде выполнения расчетно-графической работы.

Содержание самостоятельной работы студентов (дневная форма получения высшего образования)

Вид самостоятельной работы	Тематическое содержание и используемые источники	Количество часов
Подготовка к аудиторным мини-контрольным работам	Тема 2. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 3. Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 4. Распределение Максвелла. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 5. Распределение Больцмана. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 6. Броуновское движение. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 7. Температура. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 8. Первое начало термодинамики. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 9. Второе начало термодинамики. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 10. Реальные газы. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 11. Жидкости. Осн. литература: [1-5], конспект лекций	2

	Доп. литература: [1-6]	
	Тема 12. Растворы. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 13. Твердые тела. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 14. Фазовые переходы. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 15. Кинематические характеристики молекулярного движения. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 16. Процессы переноса. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
Оформление письменного отчета по лабораторной работе и подготовка к защите лабораторных работ	Лабораторная работа №1*	3
	Лабораторная работа №2*	3
	Лабораторная работа №3*	3
	Лабораторная работа №4*	3
	Лабораторная работа №5*	3
	Лабораторная работа №6*	3
	Лабораторная работа №7*	3
	Лабораторная работа №8*	3
	Лабораторная работа №9*	3
	Лабораторная работа №10*	3
	Лабораторная работа №11*	3
	Лабораторная работа №12*	3
	Лабораторная работа №13*	3
	Лабораторная работа №14*	3
	Лабораторная работа №15*	3
	Лабораторная работа №16*	3
	Лабораторная работа №17*	3
	Лабораторная работа №18*	3
Выполнение индивидуальной внеаудиторной домашней работы	Темы 1-7. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	10
Выполнение индивидуальной расчетно-графической работы	Темы 8,9. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	10
Подготовка к экзамену	Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	32
	ИТОГО:	136

* - тема работы соответствует индивидуальному графику обучающегося, составленному в начале семестра из расчета общего количества часов, отводимых в соответствии с учебной программой.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

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)
Термодинамика и статистическая физика	Кафедра физики	<p><i>замечаний и предложений нет</i></p> <p><i>С.А. Вабищевич</i> зав. кафедрой физики</p>	
Основы квантовой механики		<p><i>замечаний и предложений нет</i></p> <p><i>С.А. Вабищевич</i> зав. кафедрой физики</p>	
Физика атома и атомных явлений		<p><i>замечаний и предложений нет</i></p> <p><i>С.А. Вабищевич</i> зав. кафедрой физики</p>	
Физика ядра		<p><i>замечаний и предложений нет</i></p> <p><i>С.А. Вабищевич</i> зав. кафедрой физики</p>	

МФ

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на 2022 / 2023 учебный год**

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1.	Изменение общего количества часов на изучение учебной дисциплины	Учебный план, регистрационный № 65-22/уч.ФКНЭ от <u>22.07.2022</u>

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ физики _____ (протокол № __1__ от __31.08.2022 г.)

Заведующий кафедрой физики
к.ф.-м.н., доцент



Вабищевич С.А.

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФКНЭ
к.э.н.



Галешова Е.И.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В соответствии с учебным планом на изучение учебной дисциплины отводится:

Общее количество часов – 288, аудиторных - 144 часа, из них лекции – 32 часа, практические занятия – 48 часов, лабораторные занятия - 64 часа.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

1 курс 2 семестр - 288 часов (8 з.е.), аудиторных - 144 часа, из них лекции – 32 часа, практические занятия – 48 часов, лабораторные занятия – 64 часа; самостоятельная работа студентов 144 часа.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Молекулярная физика»: экзамен.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Изучение статистических закономерностей в идеальном газе.
2. Определение микропараметров молекул воздуха и оценка коэффициентов, характеризующих явление переноса в воздухе.
3. Распределение Максвелла.
4. Адиабатический процесс.
5. Термодинамические циклы.
6. Цикл Карно.
7. Определение отношения теплоемкостей газа при постоянном давлении и при постоянном объеме.
8. Измерение теплоемкостей тел.
9. Исследование энтропии тел при теплообмене.
10. Определение коэффициента вязкости воздуха.
11. Определение вязкости жидкости с помощью капиллярного вискозиметра.
12. Изучение зависимости температуры кипения от внешнего давления.
13. Определение тепловых характеристик металлов методом температурной волны.
14. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса
15. Определение линейной скорости роста кристаллов
16. Диффузия газов.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- углубленное изучение теоретического материала при подготовке к практическим занятиям, мини-контрольным и лабораторным работам;
- подготовка письменных отчетов по выполненным лабораторным работам;
- самостоятельная работа в виде выполнения внеаудиторной индивидуальной домашней работы;
- самостоятельная работа в виде выполнения расчетно-графической работы.

Содержание самостоятельной работы студентов (дневная форма получения высшего образования)

Вид самостоятельной работы	Тематическое содержание и используемые источники	Количество часов
Подготовка к аудиторным мини-контрольным работам	Тема 2. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	2
	Тема 3. Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 4. Распределение Максвелла. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 5. Распределение Больцмана. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 6. Броуновское движение. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 7. Температура. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 8. Первое начало термодинамики. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 9. Второе начало термодинамики. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 10. Реальные газы. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 11. Жидкости. Осн. литература: [1-5], конспект лекций	3

	Доп. литература: [1-6]	
	Тема 12. Растворы. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 13. Твердые тела. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 14. Фазовые переходы. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 15. Кинематические характеристики молекулярного движения. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
	Тема 16. Процессы переноса. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	3
Оформление письменного отчета по лабораторной работе и подготовка к защите лабораторных работ	Лабораторная работа №1*	3
	Лабораторная работа №2*	3
	Лабораторная работа №3*	3
	Лабораторная работа №4*	3
	Лабораторная работа №5*	3
	Лабораторная работа №6*	3
	Лабораторная работа №7*	3
	Лабораторная работа №8*	3
	Лабораторная работа №9*	3
	Лабораторная работа №10*	3
	Лабораторная работа №11*	3
	Лабораторная работа №12*	3
	Лабораторная работа №13*	3
	Лабораторная работа №14*	3
	Лабораторная работа №15*	3
	Лабораторная работа №16*	3
Выполнение индивидуальной внеаудиторной домашней работы	Темы 1-7. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	10
Выполнение индивидуальной расчетно-графической работы	Темы 8,9. Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	10
Подготовка к экзамену	Осн. литература: [1-5], конспект лекций Доп. литература: [1-6]	32
	ИТОГО:	144

* - тема работы соответствует индивидуальному графику обучающегося, составленному в начале семестра из расчета общего количества часов, отводимых в соответствии с учебной программой.

**Учебно-методическая карта учебной дисциплины «Молекулярная физика»
(дневная форма получения высшего образования)**

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	управляемая (контролируемая) самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		32	48	64				
1	<p>Тема 1. Введение.</p> <p>Лекции 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.</p> <p>Практические занятия: Опытные газовые законы. Уравнение Клапейрона - Менделеева.</p> <p>Лабораторное занятие: Изучение статистических закономерностей в идеальном газе</p>	2	2 2	4		<p>Лекционная презентация №1.</p> <p>Лабораторная установка</p>	[1-6]	<p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе</p>
2.	<p>Тема 2. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики.</p> <p>Лекции 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.</p> <p>Практическое занятие: Основы теории вероятностей.</p>	2	2			<p>Лекционная презентация №2</p>	[1-6], конспект лекций	<p>Контрольная мини-работа.</p>

	<p>Адиабатический процесс.</p> <p>Определение отношения теплоемкостей газа при постоянном давлении и при постоянном объеме.</p> <p>Измерение теплоемкостей тел.</p>			4		Лабораторная установка Лабораторная установка Лабораторная установка		<p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p>
9.	<p>Тема 9. Второе начало термодинамики.</p> <p>Лекции 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 неубывания 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.</p> <p>Практические занятия: Циклические процессы. Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.</p> <p>Лабораторное занятия: Цикл Карно. Исследование энтропии тел при теплообмене.</p>	2		2 2 2		<p>Лекционная презентация №9</p> <p>Лабораторная установка Лабораторная установка</p>	[1-6], конспект лекций	<p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p>
10.	<p>Тема 10. Реальные газы.</p> <p>Лекции 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</p>	2				<p>Лекционная презентация №10</p>	[1-6], конспект лекций	

	<p>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 О К.</p> <p>Практическое занятие: Реальные газы. Эффект Джоуля-Томсона.</p> <p>Лабораторное занятие Изучение состояния газа Ван-дер-Ваальса</p> <p>Определение коэффициента вязкости воздуха.</p> <p>Определение вязкости жидкости с помощью капиллярного вискозиметра.</p>							<p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Контрольная мини-работа.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p>
11.	<p>Тема 11. Жидкости.</p> <p>Лекции 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.</p> <p>Практическое занятие: Поверхностное натяжение.</p> <p>Лабораторное занятие Изучение зависимости температуры кипения от внешнего давления.</p>	2	2	4		Лекционная презентация №11	[1-6], конспект лекций	<p>Контрольная мини-работа</p> <p>Защита отчета по лаб. работе.</p>

12.	<p>Тема 12. Растворы.</p> <p>Лекции 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.</p>	2				Лекционная презентация №12	[1-6], конспект лекций	
13	<p>Тема 13. Твердые тела.</p> <p>Лекции 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.</p> <p>Лабораторное занятие Определение тепловых характеристик металлов методом температурной волны.</p>	2			4	Лекционная презентация №13 Лабораторная установка	[1-6], конспект лекций	Защита отчета по лаб. работе.
14	<p>Тема 14. Фазовые переходы.</p> <p>Лекции Фазовые переходы первого и второго рода. Кристаллизация и плавление. Сублимация. Фазовые диаграммы. Аномальные вещества. Полиморфизм. Жидкие кристаллы.</p> <p>Практические занятия: Фазовые превращения. Критическое состояние вещества.</p> <p>Лабораторное занятие Определение линейной скорости роста кристаллов</p>	2	2 2		4	Лекционная презентация №14 Лабораторная установка	[1-6], конспект лекций	Контрольная мини-работа. Контрольная мини-работа. Защита отчета по лаб. работе.
15	<p>Тема 15. Кинематические характеристики молекулярного движения.</p> <p>Лекции Поперечное сечение. Средняя длина свободного пробега молекул. Частота столкновений. Экспериментальное определение длины свободного пробега молекул.</p> <p>Практическое занятие: Столкновения в газах.</p>	2			2	Лекционная презентация №15	[1-6], конспект лекций	Контрольная мини-работа.

16	<p>Тема 16. Процессы переноса.</p> <p>Лекции Основные законы. Процессы переноса в газах. Диффузия в бинарном газе. 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.</p> <p>Практическое занятие: Явление переноса в газах.</p> <p>Лабораторное занятие Диффузия газов</p>	2	2	4	<p>Лекционная презентация №16</p> <p>Лабораторная установка</p>	[1-6], конспект лекций	<p>Отчет по индивидуальной расчетно-графической работе</p> <p>Контрольная мини-работа. Защита отчета по лаб. работе.</p>
----	---	---	---	---	---	------------------------	---