Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям
_____ А.Л. Чуприс
«_12_» _____ 2019 г.

Регистрационный № УД-_7502_/уч.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 08 Компьютерная физика

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 08-2018, утвержденном постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 124 от 29.12.2018, типовой учебной программы № ТД-G.540/тип от 07.09.2015, учебного плана № G31-220/уч. от 13.07.2018

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.А. Солодухин - доцент кафедры общей физики физического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТ:

С.В. Шпаковский - начальник отделения «Т» НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», кандидат физико-математических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей физики
(протокол № 11 от 27.06.2019)

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 28.06.2019г.)

Заведующий кафедрой_____А.И.Слободянюк

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

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 вероятностей и математической статистики. Термодинамический метод основан на общих принципах или началах термодинамики, являющихся обобщением опытных фактов.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование основных представлений о свойствах вещества в различных агрегатных состояниях на основе рассмотрения его молекулярного строения и создание необходимого фундамента для усвоения последующих разделов общей (электричество и магнетизм) и теоретической (термодинамика и статистическая физика, физика конденсированного состояния) физики.

Задачи учебной дисциплины:

- ✓ сформировать представления о методах описания свойств материальных тел и их моделях;
- ✓ изучить основные законы молекулярной физики и термодинамики;
- ✓ развить умения и навыки по применению полученных знаний для решения конкретных теоретических и практических задач;
- ✓ овладеть базовыми методами экспериментального исследования физических тел, находящихся в различных агрегатных состояниях.

Учебная дисциплина «Молекулярная физика» относится к модулю «Молекулярная физика» государственного компонента.

Изложение дисциплины строится по индуктивному принципу на основе экспериментальных данных с учетом исторической последовательности развития представлений о том, что свойства вещества и процессы, происходящие в телах, обусловлены их дискретным строением, а также движением и взаимодействием частиц тела.

Связи с другими дисциплинами:

При изложении материала дисциплины широко используется аппарат дисциплин высшей математики. Поэтому используемый математический аппарат согласован с программой дисциплины кафедры высшей математики и математической физики: «Дифференциальные уравнения».

В усилении проблемно-исследовательской, практико-ориентированной направленности профессиональной подготовки студентов-физиков, активизации их самостоятельной работы по разрешению ситуаций, имитирующих профессиональные проблемы в будущей научной и

производственной деятельности, главная роль отводится лабораторному практикуму и практическим занятиям.

Изложение учебного материала основано на определенных знаниях и представлениях, сформированных в процессе обучения в базовой школе.

При преподавании дисциплины рекомендуется применять активные методы обучения, основу которых составляют технологии проблемного и контекстного обучения, реализуемые на лекционных и практических занятиях, а также рейтинговая система оценки знаний. При чтении лекционного курса рекомендуется применять также мультимедийные средства обучения.

Эффективность работы студента и изучения программы дисциплины в целом проверяется в ходе текущего и итогового контроля знаний. Текущий контроль знаний рекомендуется проводить в форме коллоквиумов, контрольных работ и отчётов по лабораторным работам.

Освоение учебной дисциплины «Молекулярная физика» должно обеспечить формирование следующих **базовых профессиональных компетенций:**

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 освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

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

уметь:

- применять статистические распределения при решении задач;
- выполнять расчеты термодинамических процессов;
- рассчитывать параметры реальных газов и жидкостей;

владеть:

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

Структура учебной дисциплины:

Дисциплина изучается во 2-ом семестре. Форма получения высшего образования – очная, дневная. Всего на изучение учебной дисциплины «Молекулярная физика» отведено: – 288 часов, в том числе 152 аудиторных часа, из них: лекции – 48 часов, практические занятия – 46 часов,

управляемая самостоятельная работа – 10 часов, лабораторные занятия – 48 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 8 зачетных единиц.

Формы текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение. Предмет молекулярной физики. Модель материального тела. Методы описания материальных тел. Атомы и молекулы. Степени свободы молекул. Энергия молекул. Взаимодействие молекул. Агрегатные состояния вещества. Модель идеального газа.

2. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. Случайные величины. Частотное определение вероятности. Плотность вероятности. Теорема сложения взаимно исключающих событий. Нормировка вероятностей. Теорема сложения вероятностей в общем случае. Условная вероятность. Теорема умножения. Среднее значение дискретной и непрерывной случайных величин. Дисперсия.

3. Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества. Макроскопическое состояние. Микроскопическое состояние. Равновесное состояние. Статистический ансамбль систем. Различие микросостояний. Постулат равновероятности микросостояний. Среднее по ансамблю и среднее по времени. Эргодическая гипотеза.

4. Вероятность макросостояния. Расчет вероятности макросостояния идеального газа. Формула вероятности макросостояния. Формула Стирлинга. Биноминальное распределение. Флуктуации.

5. Распределение Максвелла. Распределение молекул по скоростям. Пространство скоростей. Распределение Максвелла по вектору скорости. Распределение Максвелла по компонентам скорости.

6. Распределение Максвелла по абсолютному значению скорости. Характерные скорости. Число молекул для различных участков распределения Максвелла. Приведенное распределение Максвелла. Границы применимости распределения Максвелла. Экспериментальная проверка распределения Максвелла. Принцип детального равновесия. Частота ударов молекул о стенку.

7. Основное уравнение кинетической теории газов.

8. Распределение Больцмана. Закон Больцмана. Распределение Больцмана. Распределение Максвелла – Больцмана. Понятие о распределение Гиббса. Экспериментальное подтверждение распределения Больцмана. Опыты Перрена. Барометрическая формула. Модель атмосферы Земли. Рассеяние атмосферы планет. Теорема о равнораспределении энергии по степеням свободы.

9. Броуновское движение. Сущность и причины броуновского движения. Опыты Перрена. Вращательное броуновское движение. Опыт Каплера.

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

11. Первое начало термодинамики. Калорическое и термическое уравнение состояния. Внутренняя энергия. Работа. Количество теплоты.

Первое начало термодинамики. Равновесные и неравновесные процессы. Релаксация. Обратимые и необратимые процессы.

12. 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. Изопроцессы в идеальном газе. Уравнение политропного процесса. Работа при изопроцессах.

13. Второе начало термодинамики. Циклические процессы. Работа цикла. Тепловая машина. К.П.Д. цикла. Холодильная машина. Цикл Карно. К.П.Д. цикла Карно. Формулировка Томсона (Кельвина) и Клаузиуса второго начала термодинамики. Доказательство эквивалентности этих формулировок. Первая теорема Карно. Абсолютная термодинамическая шкала температур. Невозможность отрицательных абсолютных термодинамических температур.

14. Равенство Клаузиуса. Энтропия. Неравенство Клаузиуса. Вторая теорема Карно. Равенство Клаузиуса. Энтропия. Энтропия идеального газа. Закон неубывания энтропии в замкнутой системе. Статистический характер второго начала термодинамики. Изменение энтропии при необратимых процессах. Понятие о термодинамических потенциалах.

15. Реальные газы. Силы межмолекулярного взаимодействия. Ионная связь. Ковалентная связь. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда – Джонса. Фазовые переходы первого рода. 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.

16. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Фазовая диаграмма жидкость – пар. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Отклонения свойств реальных газов от идеальных. Вириальное уравнение состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния. Приведенное уравнение состояния. Закон соответственных состояний. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.

17. Эффект Джоуля – Томсона. Эффект Джоуля-Томсона для газа Ван-дер-Ваальса. Сжижение газов. Свойства веществ при температуре близкой к 0 К.

18. Жидкости. Свойства и структура жидкостей. Парная функция распределения. Поверхностное натяжение. 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.

19. Твердые тела. Симметрия твердых тел. Точечные группы симметрии. Зеркальные изомеры. Кристаллические решетки. Примитивная

решетка. Неоднозначность выбора базиса примитивной решетки. Элементы симметрии решетки. Тепловое расширение твёрдых тел.

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

21. Кинематические характеристики молекулярного движения. Поперечное сечение. Средняя длина свободного пробега молекул. Частота столкновений. Экспериментальное определение длины свободного пробега молекул.

22. Процессы переноса. Основные законы. Процессы переноса в газах. Диффузия в бинарном газе. Физические явления в разреженных газах. Теплопередача, диффузия и трение.

23. Основные особенности явлений переноса в жидкостях и твердых телах.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лаборатор-ные занятия	Аудиторный контроль УСР	
1	2	3	4	5		9
1	Введение	4	4			
2	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики	2	4			
3	Макроскопическое и микроскопическое состояния вещества	2				
4	Вероятность макросостояния	2				
5	Распределение Максвелла	2	2			
6	Распределение Максвелла по абсолютному значению скорости	2	2			Тесты по пп.2-6
7	Основное уравнение кинетической теории газов	2	2	8		
8	Распределение Больцмана	2	4		2	Контрольная по пп. 1-8
9	Броуновское движение			4	2	Коллоквиум по пп. 1-9, отчёты по лабораторным работам
10	Температура	2	2	4		
11	Первое начало термодинамики	2	4			Отчёты по лабораторным работам
12	Термические и тепловые свойства тел	2	4	4		Тесты по пп.10-12, отчёты по лабораторным работам
13	Второе начало термодинамики	4	2			
14	Равенство Клаузиуса. Энтропия	2	2	4	4	Контрольная по пп. 10-14, коллоквиум по пп. 10-14

15	Реальные газы	2	4			
16	Уравнение Клапейрона – Клаузиуса	2	2	4		Отчёты по лабораторным работам
17	Эффект Джоуля – Томсона	2				
18	Жидкости	2	2	12		Отчёты по лабораторным работам
19	Твердые тела	2				
20	Фазовые переходы	2	2	4	2	Коллоквиум по пп. 15-20, отчёты по лабораторным работам
21	Кинематические характеристики молекулярного движения	2	2	4		Отчёты по лабораторным работам
22	Процессы переноса	2	2			Отчёты по лабораторным работам
23	Основные особенности явлений переноса в жидкостях и твердых телах	2				
	ИТОГО:	**48**	**46**	**48**	**10**	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. *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 стр.

2. *Сивухин, Д.В.* Общий курс физики: Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика / Д.В. Сивухин. 5-е изд., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014, 544 стр.

3. *Данейко, И.К.* Молекулярная физика: учеб. пособие для студентов фак. радиофизики и электроники спец. 1-31 04 02 «Радиофизика» и 1-31 04 03 «Физическая электроника» / И.К. Данейко. Мн.: БГУ, 2006, 301 стр.

4. *Иродов, И.Е.* Задачи по общей физике / И.Е. Иродов. СПб: изд. «Лань», 2019, 420 стр.

Перечень дополнительной литературы

1. *Савельев, И.В.* Курс общей физики: В 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика / И.В. Савельев. СПб: изд. «Лань», 2019, 436 стр.

2. *Кикоин, И.К.* Молекулярная физика / И.К. Кикоин, А.К. Кикоин. СПб: изд. «Лань», 2008, 480 стр.

3. *Груздев, В.А.* Физика: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В.А. Груздев, В.Г. Залесский, Г.М. Макаренко, С.А. Вабищевич, Г.А. Дубченок. Мн.: РИВШ, 2009, 296 стр.

Перечень рекомендованных средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

1. Коллоквиумы.

При выставлении оценки за выполненную работу учитывается полнота и раскрытие темы каждого вопроса, последовательность и корректность изложения определений, формул и законов.

2. Контрольные работы.

При выставлении оценки за контрольную работу учитывается логичность и корректность выбранного метода решения каждой задачи, обоснованное использование формул и законов, математически правильно полученный ответ.

3. Тесты.

Так как тестовые задания предназначены для контроля усвоения основных изучаемых законов, формул, определений, а также выполняются на протяжении 10-15 минут то, в большинстве случаев, выполнение теста оценивается

баллами за каждое выполненное действие. В конце семестра баллы переводятся в итоговую оценку.

4. Отчёты по лабораторным работам.

При выставлении оценки за лабораторную работу учитывается самостоятельное и полное выполнение работы, знание основных положений теории изучаемого явления, знание формул для расчета погрешностей измеряемых физических величин, аргументированный и развёрнутый вывод в лабораторной работе, включающий сравнение теоретических и экспериментальных данных, анализ применимости сделанных приближений.

Текущий контроль в течение семестра проводится по трем видам учебной деятельности студентов:

- усвоение теоретических знаний (коллоквиумы, промежуточные тесты), среднюю оценку $\boldsymbol{T_1}$ по этим контрольным мероприятиям выставляет лектор (максимальная оценка 10 баллов);
- работа на практических занятиях (контрольные работы, выполнение аудиторных и домашних заданий), среднюю оценку $\boldsymbol{T_2}$ по этим контрольным мероприятиям выставляет ведущий эти занятия преподаватель (максимальная оценка 10 баллов);
- выполнение работ физического практикума, отчеты по выполненным работам, среднюю оценку $\boldsymbol{T_3}$ по этим контрольным мероприятиям выставляет ведущий лабораторные занятия преподаватель (максимальная оценка 10 баллов).

<u>Оценка по текущему контролю за семестр</u> $T = \dfrac{T_1 + T_2 + T_3}{3}$

<u>Оценка по текущей аттестации</u> (оценка по итоговому контролю) ***И*** выставляется на экзамене на основании оценки по устному ответу ***Э*** и оценки по текущему контролю ***Т*** с коэффициентами $\boldsymbol{k_т}$ **и** $\boldsymbol{k_э}$**.** По решению кафедры $\boldsymbol{k_т = k_э = 0{,}5}$**,** поэтому оценка равна

$$\boldsymbol{И = k_э Э + k_т T}$$

По решению кафедры итоговая оценка ***И*** округляется в сторону экзаменационной оценки.

Все контрольные мероприятия проводятся по утвержденному графику и должны быть выполнены студентами на оценку $\geq$ 4 баллов, в противном случае студент обязан выполнить работу снова. В случае невыполнения контрольного мероприятия по уважительной причине, студент может выполнить работу в указанную преподавателем дату.

В случае получения неудовлетворительной оценки по текущему контролю обучающийся не допускается к текущей аттестации. В экзаменационной ведомости делается отметка «не допущен кафедрой».

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Темы № 1-8. Статистический метод описания систем.
Студент должен показать умение корректного использования методов решения расчетных задач по основам теории вероятностей и математической статистики, применению распределения Максвелла и распределения Больцмана.
Форма контроля: контрольная работа.

Темы № 1-9. Статистический метод описания систем.
Студент должен показать знание свойств атомов и молекул, определений и теорем теории вероятностей, физического смысла и границ применимости распределения Максвелла и распределения Больцмана, сущности и причин Броуновского движения.
Форма контроля: коллоквиум.

Темы № 10-14. Термодинамический метод описания систем.
Студент должен показать умение корректного использования методов решения расчетных задач по применению первого начала термодинамики, определению теплоемкости тел и нахождению энтропии.
Форма контроля: контрольная работа.

Темы № 10-14. Термодинамический метод описания систем.
Студент должен показать понимание первого начала термодинамики, физического смысла внутренней энергии, работы и количества теплоты, знание изопроцессов, различных формулировок второго начала термодинамики.
Форма контроля: коллоквиум.

Темы № 15-20. Реальные газы, жидкости и твердые тела.
Студент должен показать знание отличий свойств реальных газов от идеальных, уравнение состояния реального газа, экспериментальные изотермы, основные особенности фазовых переходов, свойства жидкостей и твердых тел.
Форма контроля: коллоквиум.

I. Письменное изложение во время проведения коллоквиумов пройденного теоретического материала с корректными формулировками законов, выводами формул, примерами использования изложенных законов.

Рекомендуемые темы коллоквиумов

1. Статистические распределения. Распределение молекул газа по скоростям и в пространстве.
2. Первое начало термодинамики. Циклические процессы. Второе начало термодинамики.

II. Корректное использование методов решения расчетных задач по изученным темам в ходе аудиторных занятий и при выполнении контрольных работ.

Рекомендуемые темы практических занятий

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

Рекомендуемые темы контрольных работ

1. Опытные газовые законы. Уравнение Клапейрона – Менделеева. Основы теории вероятностей. Статистические распределения. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана.
2. Температура. Первое начало термодинамики. Процессы в идеальном газе. Циклические процессы. Энтропия.

III. Регулярное выполнение многовариантных тестовых заданий, предназначенных для контроля усвоения изученного программного материала.

Примерный перечень заданий для письменных тестов

Задания на уровне узнавания

1. Различные формы записи уравнения состояния идеального газа.
2. Частотное определение вероятности.
3. Физический смысл распределения Максвелла.
4. Графическое представление распределения Максвелла для модулей скоростей.
5. Физический смысл распределения Больцмана.
6. Барометрическая формула и ее графическое представление.
7. Понятие температуры.
8. Физический смысл величин, входящих в первое начало термодинамики.
9. Определение изопроцессов.
10. Определение цикла Карно.
11. Понятие энтропии.
12. Отличие реальных газов от идеальных.
13. Суть эффекта Джоуля – Томсона.
14. Основные особенности фазовых переходов первого рода.
15. Классификация процессов переноса.

Задания на уровне воспроизведения

1. Количество степеней свободы N-атомных молекул.
2. Потенциал межмолекулярного взаимодействия.
3. Теоремы сложения и умножения вероятностей.
4. Распределение Максвелла по абсолютному значению скорости для молекул идеального газа.
5. Характерные скорости для распределения Максвелла.
6. Закон Больцмана.
7. Понятие функции состояния.
8. Различные формы записи первого начала термодинамики.
9. Уравнение политропного процесса и его частные случаи.
10. Графическое изображение циклических процессов.
11. Различные формулировки второго начала термодинамики.
12. Неравенство и равенство Клаузиуса.
13. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
14. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
15. Основные законы процессов переноса.

Задания на уровне применения полученных знаний

1. Применение уравнения состояния идеального газа для различных процессов.
2. Использование частотного определения вероятности для расчета вероятности события.
3. Получение выражения для наиболее вероятной скорости из распределения Максвелла.
4. Расчет наиболее вероятной, средней и средней квадратичной скорости молекул идеального газа.
5. Получение барометрической формулы.
6. Определение концентрации молекул идеального газа для различных высот над поверхностью Земли.
7. Вывод уравнения Майера.
8. Расчет работы, совершаемой газом, и количества теплоты, полученной газом, для различных процессов.
9. Вывод уравнения политропного процесса.
10. Расчет К.П.Д. циклического процесса.
11. Расчет параметров реального газа с помощью уравнения Ван-дер-Ваальса.
12. Получение выражений для критических параметров вещества.
13. Вывод уравнения Клапейрона – Клаузиуса.
14. Нахождение коэффициента поверхностного натяжения жидкости.
15. Расчет коэффициентов диффузии, теплопроводности и вязкости.

IV. Практическое применение полученных знаний и приобретение навыков работы на экспериментальном оборудовании в ходе выполнения лабораторных работ.

Рекомендуемые темы работ лабораторного практикума

1. Определение молярной газовой постоянной методом откачки.
2. Определение отношения теплоемкостей газов адиабатическим методом.
3. Определение вязкости и основных характеристик молекулярного движения газов.
4. Определение вязкости жидкости методом Стокса.
5. Определение вязкости жидкости методом Пуазейля.
6. Определение кинематической вязкости жидкости.
7. Определение вязкости жидкости вискозиметром Оствальда.
8. Определение теплофизических характеристик металлов.
9. Определение поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца.
10. Определение поверхностного натяжения жидкости методом Ребиндера.
11. Определение термического коэффициента давления газов.
12. Изучение фазовых переходов 1-го рода.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Организация самостоятельной работы обучающихся необходима для:

- систематизации, углубления, расширения и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;

- формирования навыков у обучающихся по использованию учебной литературы;

- развития ответственного и организованного отношения к учебной деятельности, познавательных способностей, творческого и заинтересованного отношения к освоению новых знаний;

- формирование навыков самостоятельного мышления, самосовершенствования и самореализации.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине «Молекулярная физика» проводится на аудиторных занятиях под руководством преподавателя в соответствии с разработанными им заданиями.

Основными видами аудиторной самостоятельной работы являются написание коллоквиумов по изученной теории курса, контрольные работы по решению задач по программным разделам курса, выполнение тестовых заданий.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется в соответствии с учебной программой по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Основными видами внеаудиторной работы является изучение рекомендуемой основной и дополнительной учебной литературы, выполнение домашних заданий по решению задач, указанных преподавателем.

Согласно учебной программе некоторые вопросы курса изучаются студентами самостоятельно по рекомендованной учебной литературе, а для проверки выполнения включаются в задания коллоквиумов или в экзаменационные билеты.

Ответы на вопросы, возникающие у обучающихся при выполнении внеаудиторной самостоятельной работы, обучающиеся могут получить на консультациях, проводимых преподавателями согласно установленному расписанию.

Примерный перечень вопросов к экзамену

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.
4. Теоремы умножения. Вычисление средних значений дискретных и непрерывных случайных величин.
5. Макроскопическое состояние. Равновесное состояние. Статистический ансамбль систем.
6. Микроскопическое состояние. Различие микросостояний. Постулат равновероятности микросостояний. Среднее по времени и по ансамблю. Эргодическая гипотеза.

7. Вероятность макросостояния идеального газа. Биномиальное распределение. Флуктуации.
8. Распределение Максвелла по вектору скорости и компонентам скорости.
9. Распределение Максвелла по абсолютному значению скорости. Границы применимости распределения Максвелла.
10. Характерные скорости распределения Максвелла. Приведенное распределение Максвелла.
11. Экспериментальная проверка распределения Максвелла.
12. Принцип детального равновесия. Число ударов молекул о стенку.
13. Основное уравнение кинетической теории газов.
14. Закон Больцмана. Опыты Перрена.
15. Барометрическая формула. Модель атмосферы Земли.
16. Теорема о равнораспределении энергии по степеням свободы.
17. Броуновское движение.
18. Термодинамическое равновесие. Температура. Эмпирические шкалы температур. Идеально-газовая шкала температур.
19. Шкала Кельвина. Виды термометров. Международная практическая шкала температур.
20. Калорическое и термическое уравнение состояния. Первое начало термодинамики.
21. Термические коэффициенты. Тепловые свойства тел.
22. Расхождение классической теории теплоёмкостей с экспериментом. Элементы квантовой теории теплоёмкостей.
23. Изопроцессы в газах. Работа при изопроцессах.
24. Второе начало термодинамики. Доказательство эквивалентности формулировок Томсона (Кельвина) и Клаузиуса.
25. Первая теорема Карно. Абсолютная термодинамическая шкала температур. Невозможность отрицательных абсолютных температур.
26. Неравенство Клаузиуса. Равенство Клаузиуса. Энтропия.
27. Современная формулировка второго начала термодинамики и его статистический характер.
28. Силы межмолекулярного взаимодействия. Типы связи между молекулами. Потенциал Леннарда – Джонса.
29. Экспериментальные изотермы. Критическое состояние вещества. Насыщенный пар. Поведение двухфазной системы при изменении температуры при постоянном объёме.
30. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Фазовая диаграмма жидкость – пар.
31. Отклонение свойств реальных газов от идеальных. Вириальное уравнение состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Правило Максвелла. Приведенное уравнение состояния. Закон соответственных состояний.
32. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
33. Эффект Джоуля – Томсона для газа Ван-дер-Ваальса. Сжижение газов.
34. Сжижение газов. Свойства веществ при температуре близкой к 0 К.
35. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления.

36. Давление насыщенных паров вблизи искривленной поверхности жидкости. Кипение. Перегретая жидкость. Пузырьковая камера. Переохлаждённый пар. Камера Вильсона.
37. Структура жидкостей. Парная функция распределения.
38. Твёрдые тела.
39. Фазовые переходы.
40. Кинематические характеристики молекулярного движения.
41. Процессы переноса. Основные законы.
42. Физические явления в разреженных газах. Теплопередача, диффузия и трение.
43. Основные особенности явлений переноса в жидкостях и твердых телах.

Протокол согласования учебной программы УВО

Название учебной 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)
1	2	3	4
Дифференциальные уравнения	Кафедра высшей математики и математической физики	нет	Изменений не требуется протокол № 11 от 27.06.2019

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ на 2019/2020 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры общей физики
(протокол № от 20 г.)

Заведующий кафедрой
общей физики
к. ф.-м. н., доцент _____ А.И. Слободянюк

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического
факультета БГУ
к. ф.-м. н., доцент _____ М.С. Тиванов