



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.Б.08.2 Молекулярная физика

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 25 от « 21 » апреля 2020 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 6 от « 13 » апреля 2020 г.
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор
А.А. Гаврилюк

Иркутск 2020 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)
 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.
 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы
 5. Содержание дисциплины (модуля)
 - 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)
 - 5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)
 - 5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий
 6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.
 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)
 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - а) основная литература;
 - б) дополнительная литература;
 - в) программное обеспечение;
 - г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).
 10. Образовательные технологии
 11. Оценочные средства. (ОС).
- Приложение: фонд оценочных средств

1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является введение в физику молекулярных систем, рассмотрение методов их изучения и современных достижений. Особенности поведения и сложность в описании состояния молекулярных систем приводят к необходимости использования различных подходов: динамического, статистического и термодинамического. Изучение статистических закономерностей требует включения в курс элементарных математических представлений о вероятности, различных способах ее расчета, понятий математического ожидания и дисперсии, функций распределения. Законы термодинамики рассматриваются расширенно, особое внимание уделяется статистическому обоснованию законов, понятиям энтропии, термодинамической температуры, функциям состояния системы. Вводятся основные парадоксы и новые подходы к исследованию поведения больших систем. Рассмотрение после идеальных газов, реальных систем и фазовых переходов позволяет дать представление об изучении реальных процессов в реальных веществах и усложнении математического описания. Также даются базовые понятия об уравнениях переноса, фазовых переходах, методах исследования молекулярных систем. На практических занятиях студенты учатся применять полученные знания при решении задач, овладевают основами решения типовых задач. Знания, полученные при изучении курса формируют необходимые навыки и составляют основу для дальнейшего освоения курсов, связанных с изучением свойств сложных молекулярных систем. При изучении дисциплины «Молекулярная физика» решаются следующие задачи:

- изучение и овладение методами теории вероятности и математической статистики
- формирование у студентов умений применения знаний при исследовании и построении математических моделей для явлений молекулярной физики;
- овладение студентами знаний по применению статистики при исследовании поведения скоростей молекул и средних величин;
- формирование у студентов навыков самостоятельного приобретения знаний для обоснования основных закономерностей молекулярной физики;
- овладение практическими навыками и приемами расчетов средних величин при известных функциях распределения; теплоемкостей, КПД, работы, внутренней энергии и приращения энтропии при различных термодинамических циклах; изменений термодинамических величин при изопроцессах в газа;
- формирование у студентов опыта применения знаний при исследовании и построении моделей физических процессов переносов (теплопроводность, вязкость, диффузия) и фазовых переходов в реальных системах;
- усвоение студентами идей единства строения материи и неисчерпаемости процесса ее познания, понимание роли практики в познании.

Программа дисциплины ориентирована на развитие у студентов интереса к познанию характера поведения молекулярных систем в различных термодинамических условиях и на приобретение навыков самостоятельного изучения некоторых разделов теории и их приложений.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Молекулярная физика» входит в модуль Общая физика базовой части Б1.Б.08 математического и естественнонаучного цикла основной образовательной программы по направлению 03.03.02 Физика. При изучении «Молекулярная физика» используются знания, приобретенные при изучении «Механики» и «Математического анализа». Дисциплина «Молекулярная физика» является базовой для изучения таких дисциплин как «Статистическая физика», «Физика твердого тела», а также ряда дисциплин модуля «Теоретическая физика: «Теоретическая механика», «Электродинамика» «Термодинамика и статистическая физика», а также ряда других учебных дисциплин профилей «Физика конденсированного состояния вещества», «Физическая кинетика».

Общая трудоемкость дисциплины – 6 зачетных единиц.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики;

уметь: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики;

владеть: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информацией.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		2	-	-	-
Аудиторные занятия (всего)	110/3.8	110/3.8	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	60/1.7	60/1.7	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	40/1.1	40/1.1	-	-	-
Коллоквиум	-	-	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-
Контроль самостоятельной работы (КСР)	10/0.3	10/0.3	-	-	-
Самостоятельная работа (всего)	70/1.9	70/1.9	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)	-	-	-	-	-
Расчетно-графические работы	-	-	-	-	-
Промежуточная аттестация - коллоквиум	-	-	-	-	-
<i>Домашние контрольные работы</i>	-	-	-	-	-
Контроль	36/1.0	36/1.0	-	-	-
Общая трудоемкость часы зачетные единицы	216	216	-	-	-
	6	6	-	-	-
Контактная работа (всего):	117/3.3	117/3.3			

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины. Все разделы и темы нумеруются.

Тема 1. Введение.

Динамический, термодинамический и статистический подходы к изучению молекулярных систем. Связь структуры и свойств, аллотропные формы углерода. Объекты исследования, цели, методы молекулярной физики.

Тема 2. Элементы статистической теории и законы распределения случайных величин.

Основы теории вероятности и статистики закономерности. Статистическая обработка результатов измерений в ходе экспериментов. Математическое ожидание и дисперсия дискретной и непрерывной случайной величины. Модель идеального газа. Плотность вероятности и функция распределения непрерывной случайной величины. Нормальное распределение случайной величины (распределение Гаусса). Биноминальное распределение. Экспериментальная проверка биномиального, нормального распределений.

Тема 3. Распределения в молекулярной физике.

Статистический ансамбль, понятие среднего по времени и среднего по ансамблю. Эргодическая гипотеза и постулат равновероятности. Распределение молекул по компонентам скорости и модулю скорости (распределение Максвелла). Характерные скорости распределения. Распределение Максвелла по энергии. Характерные энергии распределения. Парадоксы распределений. Экспериментальная проверка биномиального, нормального и распределения Максвелла по скоростям молекул. Понятие макро- и микросостояния, принцип равновероятности микросостояний. Тепловое и термодинамическое равновесие, приближение к равновесию. Принцип детального равновесия. Энтропия и число возможных состояний системы. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле (распределение Больцмана). Барометрическая формула. Распределение Максвелла-Больцмана. Понятие флуктуации, среднее число частиц, зависимость флуктуаций от числа частиц в системе.

Тема 4. Основные законы термодинамики.

Объяснение законов термодинамики на основе статистической теории. Первое начало термодинамики. Теплота, работа, энергия, энтропия. Функции состояния системы. Работа и энтропия в изопроцессах. Классическая теория теплоемкости. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Теплоемкость молекулярного водорода. Основы квантовой теории теплоемкости. Второе и третье начала термодинамики. Термодинамический подход (формулировки Клаузиуса и Кельвина) и статистический подход. Теоремы Карно. Неравенство Клаузиуса. Изменение энтропии в изопроцессах. Поведение энтропии в обратимых и необратимых процессах.

Тема 5. Циклические процессы в газах.

Изопроцессы в идеальном газе. Уравнение Пуассона для адиабатного процесса. Работа и энтропия при адиабатическом процессе. Политропный процесс. Уравнение политропы. Изопроцессы, как частные случаи политропного процесса. Энтропия, статистический и термодинамический подходы к изучению. Обратимые и необратимые процессы в термодинамике. Циклические процессы в газах. Изменение энтропии в изопроцессах. КПД тепловой машины. Энтропия цикла Карно.

Тема 6. Реальные газы и жидкости, твердые тела.

Силы межмолекулярного взаимодействия, агрегатные состояния вещества. Потенциал Леннарда-Джонса. Переход вещества из газообразного состояния в жидкое. Изотермы реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода.

Тема 7. Процессы переноса в газах и жидкостях.

Виды процессов переноса - теплопроводность, вязкость, диффузия. Определение длины свободного пробега. Коэффициенты теплопроводности, внутреннего трения и диффузии. Общее уравнение переноса.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых дисциплин	№ тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых дисциплин						
1.	Теоретическая механика	2	3					
2.	Термодинамика и статистическая физика	1	2	3	4	5	6	7
3.	Квантовая механика	2	6					

5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Наименование темы	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Тема 1. Введение.	6	4			8	18
2.	Тема 2. Элементы статистической теории и законы распределения случайных величин.	8	4			10	22
3.	Тема 3. Распределения в молекулярной физике.	8	4			10	22
4.	Тема 4. Основные законы термодинамики.	8	4			10	22
5.	Тема 5. Циклические процессы в газах	12	10			10	32
6.	Тема 6. Реальные газы и жидкости, твердые тела.	8	8			10	26
7.	Тема 7. Процессы переноса в газах и жидкостях.	8	6			10	24

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (ч.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	1	Основное уравнение МКТ.	4	Тест, проверка задач	ОПК 3
2	2	Элементы теории вероятности и статистической теории, распределения в физике	4	Тест, проверка задач	ОПК 3
3	3	Распределение Максвелла по компонентам скорости и модулю скорости, распределение по энергии. Характерные скорости и энергии распределения.	4	Тест, проверка задач, контрольная работа	ОПК 3
4	4	Первое и второе начала термодинамики.	6	Тест, проверка задач	ОПК 3
5	4	Внутренняя энергия и энтропия	4	Тест, проверка задач	ОПК 3
6	4	Уравнение политропы и адиабаты.	4	Тест, проверка задач	ОПК 3

				коллоквиум	
7	5	Расчет теплоты, работы при изопроцессах .	4	Тест, проверка задач	ОПК 3
8	5	КПД различных циклов	4	Тест, проверка задач	ОПК 3
9	6	Уравнение Ван-Дер-Ваальса, расчет параметров газа.	4	Тест, проверка задач	ОПК 3
10	7	Уравнение переноса	2	Тест, проверка задач	ОПК 3

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	самостоятельное решение задач на практических занятиях	Решить задачу	Вся рекомендуемая литература	30
2.	Все темы	Решение домашних задач	Решить задачу	Вся рекомендуемая литература	30
2.	Все темы	Закрепление лекционного материала для работы на практических занятиях	Вопросы для текущего контроля	Вся рекомендуемая литература	10

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен быть готов к показательному решению задачи у доски.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала, полученного на лекциях и на каждом практическом занятии, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Также может быть проведено тестирование по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература;

1. Г. А. Зисман, О. М. Тодес. Курс общей физики [Электронный ресурс] : в 3-х т. / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. - СПб. : Лань, 2007. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=151. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN RU\BSU\TEST\10250
Т. 1 : Механика, молекулярная физика, колебания и волны. - Москва : Лань, 2007. - 352 с. : ил., табл. -). - ISBN 978-5-8114-0752-1 : Б. ц.
2. И. В. Савельев. Курс физики [Электронный ресурс] : учебное пособие для студ. вузов (гриф Пр.) : в 3 т.. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=347. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ.
Т.1 : Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев. - Москва : Лань, 2008. - 352 с. : ил. -). - ISBN 978-5-8114-0684-5 : Б. ц.
3. А.К. Кикоин, А. К., И. К. Кикоин Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин . - Москва : Лань, 2008. - 480 с. : ил. ; 21 см. - (Лучшие классические учебники) (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0737-8 : Б. ц.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=185
4. Р.В. Телеснин, Молекулярная физика [Текст] / Р. В. Телеснин. - Москва : Лань, 2009. - 368 с. : ил. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1002-6 : Б. ц.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=391

сверено с ЖБ ччч Ж

б) дополнительная литература;

1. Ю.П. Тюрин, И.П. Чернов, Ю.Ю. Крючков Молекулярная физика. Термодинамика. СПб. : Лань, 2008. - 316 с. : ISBN 978-5-8114-0824-5
2. Сборник задач по общему курсу физики, // под ред. Сивухина Д.В. 5-е изд., стер. - М. : Физматлит ; СПб. : Лань, 2006 - . - 22 см. Кн.1 : Механика / - 2006. - 240 с. : ил. - ISBN 5-9221-0602-3
3. И.Е. Иродов Задачи по общей физике: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по естественнонаучным, педагог. и тех. напр. и спец. / И. Е. Иродов. - 9-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2005. - 416 с. - ISBN 5-8114-0319-4

в) программное обеспечение;

- интерактивные программные комплексы: «Открытая физика, 1.0» (части I и II), «Молекулярная физика», компании «Новый диск» 107005, Москва, а/я 42, тел/факс 147-13-38
- стандартные сервисы глобальной сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и научных публикаций в электронном виде.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

- 1) НБ ИГУ <http://library.isu.ru/ru>
- 2) ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 3) ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 4) ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- 5) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>
- 6) В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по дисциплине Б1.Б.08.02 «Молекулярная физика».

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лабораторные стенды, позволяющий провести 10 лабораторных работ по всему курсу "Молекулярной физики".

Для проведения занятий лекционного типа в качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: переносной проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Демонстрации:

- <http://school-collection.iv-edu.ru/catalog/rubr/a127a253-6d4f-431c-9d9e-ce1f86260293/78879/?interface=themcol>

10. Образовательные технологии

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;

текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

11. Оценочные средства (ОС)

11.1. Оценочные средства для входного контроля (могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

11.2. Оценочные средства текущего контроля: *Контрольные работы (1 шт.), Коллоквиум (2 шт.), Проверка задач для самостоятельного решения в письменной форме и проверка понимания решения - в устной форме, постоянно. Проверка и обсуждение отчётов по лабораторному практикуму – индивидуально по каждой работе.*

Контрольные вопросы:

- ✓ Объекты исследования, цели, методы молекулярной физики.
- ✓ Динамический, термодинамический и статистический подходы к изучению молекулярных систем.
- ✓ Статистический ансамбль, понятие среднего по времени и среднего по ансамблю.
- ✓ Эргодическая гипотеза и постулат равновероятности
- ✓ Понятия теории вероятности: случайные события, определение вероятности (классическое, геометрическое, статистическое).

- ✓ Теоремы сложения и умножения вероятностей, условная вероятность, нормировка вероятности.
- ✓ Плотность вероятности и функция распределения непрерывной случайной величины.
- ✓ Распределение молекул газа по объему. Вероятность обнаружения молекулы газа в выделенном объеме, если плотность вероятности постоянна. (показать, что вероятность сводится к соотношению объемов).
- ✓ Математическое ожидание, дисперсия. Условие нормировки вероятности.
- ✓ Понятие макро- и микросостояния, принцип равновероятности микросостояний, термодинамическое равновесие, приближение к равновесию.
- ✓ Понятие идеального газа, теорема о равномерном распределении энергии
- ✓ Нормальное распределение случайной величины (распределение Гаусса).
- ✓ Биномиальное распределение случайных величин.
- ✓ Понятие флуктуации, среднее число частиц, зависимость флуктуаций от числа частиц в системе.
- ✓ Среднее значение кинетической энергии, основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
- ✓ Удельная теплоемкость идеального газа. Термодинамическая температура. Принцип детального равновесия.
- ✓ Распределение молекул по компонентам скорости и модулю скорости (распределение Максвелла)
- ✓ Распределение Максвелла по энергии. Характерные скорости и энергии распределения.
- ✓ Идеальный газ во внешнем потенциальном поле (распределение Больцмана).
- ✓ Барометрическая формула.
- ✓ Смесь газов в сосуде – распределение по концентрации.
- ✓ Подъемная сила летательных аппаратов с открытой и закрытой оболочками.
- ✓ Число степеней свободы молекул, теорема о распределении энергии по степеням свободы.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Экзамен в устной форме.

Разработчик:



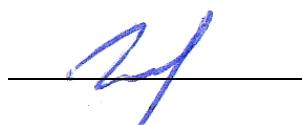
к.ф.-м.н., доцент А.Б. Танаев

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«13» апреля 2020 г.

Протокол № 6

Зав. кафедрой



д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.