

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**

Молекулярная физика  
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования  
бакалавриат  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность  
03.03.03 радиофизика  
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы  
Радиофизика и электроника  
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения  
очная  
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023\_год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.06, молекулярная физика относится к обязательной части ООП направления подготовки 03.03.03 Радиофизика.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области физики и радиофизики. ОПК-1.2. Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач. ОПК-1.3. Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической деятельности.	<i>Знать</i> методики получения базовых знаний в области молекулярной физики <i>Уметь</i> овладевать базовыми знаниями в области молекулярной физики и использовать их в профессиональной деятельности <i>Владеть</i> опытом получения базовых знаний в области молекулярной физики и их использования в профессиональной деятельности	<i>Задача, собеседование</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>6 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>216</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>64</b>
- занятия семинарского типа	<b>48</b>
(практические занятия / лабораторные работы)	
<b>самостоятельная работа</b>	<b>48</b>
<b>КСР</b>	<b>2</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен/зачет</b>	<b>54</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Динамика системы материальных точек	40	16	12		28	12
2. Динамика твердого тела	40	16	12		28	12
1. Введение в статистическую и молекулярную физику	40	16	12		28	12
2. Основные принципы термодинамики	40	16	12		28	12
В т. ч. текущий контроль	2		2		2	
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>						

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных и практических занятий.

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор лекционного материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- выполнение домашних заданий по решению задач.

Текущий контроль усвоения материала проводится путем проведения контрольных работ во время практических занятий и проверки выполнения домашних заданий.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способность студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме и заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решении задачи (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретическо	Уровень знаний ниже минимальны	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,

	го материала. Невозможнос ть оценить полноту знаний вследствие отказа обучающего я от ответа	х требований. Имели место грубые ошибки.	знаний. Допущено много негрубых ошибки.	соответствую щем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	соответствующ ем программе подготовки. Допущено несколько несущественны х ошибок	соответствую щем программе подготовки, без ошибок.	превышающе м программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальны х умений . Невозможнос ть оценить наличие умений вследствие отказа обучающего я от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр ированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продемонстр ированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстр ированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстри рованы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстр ированы все основные умения, реше ны все основные задачи с отдельными несуществен ным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстр ированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможнос ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего я от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр ированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальны й  набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри рованы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ированы навыки  при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ирован творческий подход к решению нестандартн ых задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
<b>зачтено</b>	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»

	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 5.2.1 Контрольные вопросы

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
Теорема об изменении импульса системы материальных точек	ОПК-1
Теорема о движении центра масс	ОПК-1
Динамика тел с переменной массой, уравнение Мещерского	ОПК-1
Реактивная сила, ракеты. Задача Циолковского	ОПК-1
Уравнение моментов для системы материальных точек. Закон сохранения момента импульса	ОПК-1
Уравнение моментов относительно оси	ОПК-1
Механическая энергия системы материальных точек и условия ее сохранения	ОПК-1
Явление удара (столкновение частиц). Абсолютно неупругий и абсолютно упругий удар двух частиц	ОПК-1
Закон Бернулли для стационарного потока идеальной несжимаемой жидкости	ОПК-1
Кинематические и динамические характеристики твердого тела	ОПК-1
Применение уравнения движения центра масс и уравнения моментов для твердого тела.	ОПК-1
Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Теорема Гюйген-Штейнера	ОПК-1
Физический маятник	ОПК-1
Связь между моментом импульса и угловой скоростью твердого тела в общем случае тензор инерции. Свободные оси	ОПК-1
Кинетическая энергия и работа при вращении вокруг неподвижной оси	ОПК-1
Плоское движение твердого тела, понятие мгновенной оси вращения	ОПК-1
Качение тел, трение качения	ОПК-1
Кинетическая энергия при плоском движении	ОПК-1
Приближенная теория гироскопа. Прецессионное движение гироскопа	ОПК-1
Гироскопические силы	ОПК-1
Давление идеального газа (молекулярно-кинетический расчет)	ОПК-1
Внутренняя энергия идеального газа и ее связь с температурой	ОПК-1
Статистическое описание системы из большого числа частиц. Средние значения флуктуаций физических величин. Пример: распределение частиц по объему	ОПК-1
Распределение молекул по вектору скорости. Равновесное распределение Максвелла и его свойства	ОПК-1
Равновесное распределение молекул по модулю скорости. Среднеквадратичное, среднее наиболее вероятное значения модуля скорости	ОПК-1
Распределение Больцмана и примеры его применения (вывод барометрической формулы)	ОПК-1
Классическая теория теплоемкости газов. Теорема о равномерном распределении энергии	ОПК-1

степеням свободы. Недостатки классической теории теплоемкости	
Средняя длина свободного пробега молекул в газах	ОПК-1
Явления переноса в газах, вычисление коэффициента диффузии	ОПК-1
Молекулярно-кинетический расчет коэффициента вязкости газов	ОПК-1
Броуновское движение. Вычисление среднего квадрата смещения броуновских частиц	ОПК-1
Уравнение Ван-дер-Ваальса и его свойства. Фазовые переходы. Критические параметры	ОПК-1
Термодинамическое состояние и способы его изменения. Равновесное состояние процессы. Общий принцип термодинамики	ОПК-1
Понятие температуры в термодинамике. Нулевой принцип термодинамики	ОПК-1
Работа газа (с примерами). Случай замкнутых процессов	ОПК-1
Адиабатические процессы. Понятие внутренней энергии	ОПК-1
Калорическое уравнение состояния	ОПК-1
Общая формулировка I принципа термодинамики (с примерами)	ОПК-1
Внутренняя энергия идеального газа. Соотношение Р. Майера	ОПК-1
Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса	ОПК-1
Процесс Джоуля-Томсона. Ожижение газов	ОПК-1
Проблема превращения тепловой энергии в работу. Формулировка II принципа термодинамики для тепловых двигателей	ОПК-1
Принципиальная схема теплового двигателя. К.п.д. тепловых двигателей	ОПК-1
Формулировка II принципа термодинамики для холодильных машин. Холодильный коэффициент	ОПК-1
Цикл Карно. К.п.д. цикла Карно	ОПК-1
Первая теорема Карно	ОПК-1
Необратимые циклы, вторая теорема Карно	ОПК-1
Термодинамическая шкала температур	ОПК-1
Приведенное количество теплоты. Равенство Клаузиуса	ОПК-1
Понятие энтропии и ее свойства	ОПК-1
Энтропия идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса	ОПК-1
Необратимые процессы, неравенство Клаузиуса	ОПК-1
Изменение энтропии при необратимых процессах	ОПК-1
Возрастание энтропии изолированных систем (с примерами процессов установления равновесного состояния)	ОПК-1
Понятие свободной энергии	ОПК-1

### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1

МФ-1. Потенциальная энергия молекул газа в некотором центральном поле зависит от расстояния  $r$  до центра поля как  $U(r)=ar^2$  ( $a$  – постоянная). Температура газа  $T$ , концентрация молекул в центре поля  $n_0$ . Найти число молекул, находящихся в интервале расстояний  $(r, r+dr)$  и наиболее вероятное расстояние молекул от центра поля.

МФ-7. Вычислить наиболее вероятную, среднюю и среднеквадратичную скорости молекул газа, у которого при нормальном атмосферном давлении плотность  $\rho=1$  г/л.

Э-3. 10 г кислорода нагревают от  $t_1=50^\circ\text{C}$  до  $t_2=150^\circ\text{C}$ . Найти изменение энтропии, если нагревание происходит: а) изохорически; б) изобарически.

ВдВ-11. Вычислить изменение энтропии для 1 моль газа Ван-дер-Ваальса при изотермическом изменении объема от  $V_1$  до  $V_2$ .

Ц-1. Найти КПД цикла, состоящего из изохоры, изотермы и адиабаты. Давление и объем меняются в пределах соответственно:  $P_1, P_2$  и  $V_1, V_2$ .

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.1. Механика. М.: Физматлит, 2014. - <http://znanium.com/go.php?id=470189>
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2. Термодинамика и молекулярная физика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. - <http://znanium.com/go.php?id=470190>
3. Иродов И.Е. Основные законы механики. М.: Высшая школа, 1985. – 39 экз.
4. Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2020. - <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018261.html>
5. Савельев И.В. Курс общей физики, т. 1. СПб. [и др.]: Лань, 2023. <https://e.lanbook.com/book/200498>
6. Иродов И. Е. - Задачи по общей физике: учеб. пособие. - СПб. [и др.]: Лань, 2003. - 416 с. – 139 экз.

б) дополнительная литература:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М.: Высшая школа, 1976. – 33 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://www.rf.unn.ru/generalphysics/ru/education>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также Центр физических демонстраций, включающий в себя Демонстрационный физический кабинет и Лабораторию технического сопровождения лекционного процесса.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор д.ф.-м.н. профессор Грибова Е.З.

Рецензент д.ф.-м.н. профессор Гильденбург В.Б.

Заведующий кафедрой д.ф.-м.н. профессор Бакунов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.