

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»  
в г. Апатиты

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ОД.3 Теория тепломассообмена**

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

**основной профессиональной образовательной программы  
по направлению подготовки**

**16.04.01 Техническая физика**

**магистерская программа Теплофизика и молекулярная физика**

(код и наименование направления подготовки  
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

**высшее образование – магистратура**

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее  
образование – специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров  
высшей квалификации

**магистр**

квалификация

**очная**

форма обучения

**2019**

год набора

**Составитель:**

Смирнова Алена Анатольевна, канд.  
биол. наук, доцент кафедры физики,  
биологии и инженерных технологий

Утверждено на заседании кафедры физики,  
биологии и инженерных технологий  
(протокол № 9 от «30» мая 2019г.)

Зав. кафедрой



подпись

В.Г. Николаев  
Ф.И.О.

**1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** – освоение обучающимися основ теории тепло- и массообмена, понимание обучающимися процессов переноса тепла и массы, протекающих в природе, в технологических процессах и технологических установках, привитие технического взгляда на окружающий мир, технического образа мышления

В результате освоения дисциплины «теория теплообмена» обучающийся должен:

**знать:**

– процессы переноса теплоты и массы, физико-математические модели этих процессов,

– простейшие методы их применения для расчета температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок

**уметь:**

1. производить расчет температурных полей, тепловых потоков, потоков вещества в элементах теплотехнических и теплотехнологических установок

**владеть:**

– методами оценки основных погрешностей измерений;

– навыками экспериментальных измерений температуры, давления, расхода, плотности, вязкости и теплопроводности тел.

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- способность демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук (ОПК-2);

- способность осваивать и применять современные физико-математические методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов (ПК-7);

- способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств (ПК-6);

- способность представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций (ПК-8).

## **3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Данная дисциплина относится вариативной части цикла дисциплин образовательной программы подготовки магистров 16.04.01 Техническая физика и учебного плана. Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: "Математика", "Физика", "Механика", "Информационные технологии".

## **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы или 144 часов

(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Грудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час.)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интер-активной форме	Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на контроль	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ						
1	1	4	144	8	30	16	54	16	54	-	36	Экзамен
<b>Итого:</b>		<b>4</b>	<b>144</b>	<b>8</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>54</b>	<b>16</b>	<b>54</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>Экзамен</b>

В интерактивной форме часы используются в виде групповой дискуссии.

### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Кол-во часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
1.	Конденсация пара.	1	-	-	-	-	6	-
2.	Режимы кипения. Кривая кипения	1	4	4	5	4	8	-
3.	Кризисы кипения	1	6	2	9	-	6	-
4.	Основные положения теплообмена излучением	1	-	2	3	4	7	-
5.	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной (диатермичной) средой	1	4	2	7	4	6	-
6.	Аналогия переноса импульса, энергии и массы компонента	1	6	4	12	4	8	-
7.	Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.	1	2	-	3	-	7	-
8.	Стационарное испарение капли	1	8	2	11	2	6	-
	<b>Итого</b>	<b>8</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>54</b>	<b>16</b>	<b>54</b>	<b>36</b>
	<b>Экзамен</b>							<b>36</b>

## **Содержание дисциплины**

### **Тема 1. Конденсация пара.**

Теплообмен при конденсации пара. Плёночная и капельная конденсация. Теория Нуссельта. Поправочные коэффициенты к теории Нуссельта по Д.А. Лабунцову (на волновое течение и переменность физических свойств конденсата). Турбулентное течение плёнки конденсата – расчёт коэффициента теплоотдачи (формула Лабунцова). Влияние скорости пара, состояния поверхности, влажности и перегрева пара, примесей воздуха в паре.

### **Тема 2. Режимы кипения. Кривая кипения**

Кипение в трубах. Режим течения парожидкостной смеси. Гидродинамика и теплообмен при кипении в трубах. Пузырьковое и плёночное кипение. Критический радиус пузырька. Скорость роста пузырька. Отрывной диаметр пузырька. Частота отрыва пузырьков. Расчёт коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объёме. Критические тепловые нагрузки при кипении. Теплоотдача при плёночном кипении.

### **Тема 3. Кризисы кипения**

Определение коэффициентов теплоотдачи при кипении однокомпонентных жидкостей. Кризисы теплоотдачи первого и второго рода. Расчёт коэффициентов запаса до кризиса

### **Тема 4. Основные положения теплообмена излучением**

Тепловое излучение. Плотность потока. Радиационный теплообмен. Законы теплового излучения: Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Закон Релея-Джинса.

### **Тема 5. Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной (диатермичной) средой**

Диатермическая среда. Угловой коэффициент излучения **Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах.** Основные положения и законы тепло- и массообмена. Стефанов поток

### **Тема 6. Аналогия переноса импульса, энергии и массы компонента**

Конвективный механизм переноса массы Турбулентный механизм переноса массы Молекулярный механизм переноса энергии Конвективный механизм переноса энергии Турбулентный механизм переноса энергии Молекулярный перенос импульса

### **Тема 7. Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.**

Испарение воды в воздух. Массо- и теплообмен при испарении в парогазовую среду. Адиабатное испарение. Массо- и теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси.

### **Тема 8. Стационарное испарение капли**

Испарение лежащей капли. Критерий Марангони. Граничные условия на поверхности капли. Поверхностное натяжение и температура.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **а) основная литература:**

1. Николаев В.Г. Лабораторные работы по курсу тепломассообмена: учебно-методическое пособие. - Апатиты: КФ ПетрГУ, 2013

**б) дополнительная литература:**

2. Цветков Ф.Ф. Задачник по тепломассообмену: учебное пособие. - М.: МЭИ, 2010 – 196 с.

Дмитриев Е. А. Явления переноса массы в примерах и задачах: учебное пособие [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=428677&sr=](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=428677&sr=)

## **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В образовательном процессе используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);

- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);

- лаборатория информационных технологий (оснащена компьютерными столами, стульями, мультимедийным проектором, экраном проекционным, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета).

- лаборатория тепломассообмена и регулирования тепловых процессов (доска измерительный стенд-11 шт., вакуумный универсальный пост-1 шт., тематические иллюстрации-6 шт., демонстрационный стенд-1 шт.)

### **7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

1. Microsoft Windows.
2. Microsoft Office / LibreOffice.

### **7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

ЭБС «Издательство Лань»[Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;

ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;

ЭБС «Университетская библиотека онлайн»[Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

### **7.3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ**

1. Электронная база данных Scopus.

### **7.4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс  
<http://www.consultant.ru/>
2. Электронный справочник "Информо" для высших учебных заведений  
<http://www.informio.ru/>

### **8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КА- ФЕДРЫ**

Не предусмотрено.

### **9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ**

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.

